ÜBER DEN GANG DES SCHÄTZUNGSFEHLERS BEI DER VERGLEICHUNG VON ZEITSTRECKEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

OTTO KAHNT

AUS BERNDORF

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

MIT 7 FIGUREN IM TEXT

LEIPZIG UND BERLIN

WILHELM ENGELMANN

1914

Angenommen von der II. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren WUNDT und WIRTH.

Leipzig, den 9. Januar 1914.

Der Procancellar:
KIRCHNER.

(Sonderabdruck aus: »Wundt, Psychologische Studien«. Band IX, Heft 5.)

MEINER LIEBEN MUTTER

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547026_0034

INHALTSVERZEICHNIS.

Seite

Einleitung und Problemstellung 6
Methode und Versuchsanordnung 15
Das Verhalten der Versuchspersonen bei der Vergleichung 21
Die Länge der selbstgewählten Pausen und ihr Verhältnis zum entsprechenden Normalreiz 27
Die Schätzungsfehler bei der Vergleichung der Zeiten von 0,23″ bis 3,58″ . . . 34
Theoretische Deutung des Ganges des Schätzungsfehlers 42
Zusammenfassung 46

Einleitung und Problemstellung.

Bestimmungen der Größe und Richtung der Schätzungsdifferenz bei der Vergleichung von Zeitstrecken sind nicht neu; vielmehr fallen die ersten Versuche dieser Art gleich in die Anfänge der experimentellen Untersuchung über die sogenannten Zeitsinnfragen überhaupt. Allerdings ist man zuerst mehr nebenbei auf diese Probleme gestoßen, während man vor allem die Unterschiedsschwelle für Zeitstrecken ermittelte, um die Genauigkeit der Zeitauffassung im allgemeinen und weiterhin besonders auch das Webersche Gesetz zu prüfen. Als sich bei diesen psychophysischen Untersuchungen über den »Zeitsinn« konstante Fehler der Zeitschätzung von wechselnder Größe und Richtung bemerkbar machten, entwickelte sich dann eine mehr selbständige Untersuchung dieser Erscheinung, ja es trat darüber die Frage nach der Unterschiedsschwelle sogar in den Hintergrund. Der speziellen Untersuchung dieses Schätzungsfehlers haben dann eine ganze Reihe von Arbeiten gegolten.

Schon Vierordt[1]) konnte in seiner Monographie über den Zeitsinn das Fundamentalgesetz aufstellen: kleine Zeiten werden überschätzt, große Zeiten dagegen erfahren eine Unterschätzung. Der Zeitpunkt, wo weder das eine noch das andere eintrat, lag nach ihm bei 2,5″; dieser Indifferenzpunkt verschob sich nach 3,0″—3,5″, falls die Pause beliebig gewählt wurde. Im Leipziger Institut für experimentelle Psychologie wurde dann dieses Problem von Kollert, Estel und Mehner weiter verfolgt. Das Resultat der Arbeit von Kollert[2])

[1]) K. Vierordt, Der Zeitsinn. 1868.

[2]) Kollert, Untersuchungen über den Zeitsinn. Philos. Stud. Bd. 1, S. 78 ff.

wich insofern von dem bei Vierordt gefundenen ab, als hier der Indifferenzpunkt schon bei 0,755″ lag, also viel früher als bei diesem. Nicht viel verschieden davon sind die Ergebnisse Estels [1]) in dieser Hinsicht; nur liegt bei ihm der Indifferenzpunkt etwas tiefer, bei 0,727″. Seine Untersuchung wurde aber für die späteren Untersuchungen durch das Auftreten einer neuen Tatsache bedeutungsvoll: Im Gegensatz zu allen seinen Vorgängern findet Estel als erster periodische Schwankungen des Schätzungsfehlers bei der Vergleichung von Zeitstrecken, und zwar konstatiert er bei Vielfachen der Indifferenzzeit relative Minima des Schätzungsfehlers.

Von nun an widmeten die Arbeiten aus dem Leipziger Institut dieser Periodizität des Schätzungsfehlers eine besondere Aufmerksamkeit. Zunächst nahm hier Mehner [2]) eine neue Untersuchung vor und stellte ebenso wie Estel eine Periodizität des Schätzungsfehlers fest. Allerdings zeigen seine Resultate einige Abweichungen: Indifferenzpunkte findet er bei 0,7″, 2,13″, 3,55″ und 5,0″, also bei den vier ersten ungeraden Vielfachen von 0,71″; bei größeren Zeiten treten jedoch an den entsprechenden Stellen Schätzungsfehlerminima auf. Andererseits bemerkt man Maxima des konstanten Fehlers an den Punkten 1,5″, 2,8″, 4,2″, 6,0″, 7,1″ und 10,0″, also bei Zeiten, die fast genau den geraden Vielfachen des niedrigsten Indifferenzpunktes entsprechen.

Der letzte Leipziger Beitrag zu dieser Frage stammt von Glass [3]), bei dem wir ebenfalls eine periodische Schwankung des Schätzungsfehlers finden. Der Indifferenzpunkt wird von ihm mit 0,8″ angegeben, bis dahin wurde Überschätzung, von da an mit der Zeitstrecke wachsende Unterschätzung festgestellt. Zunächst wurden nur Minima des konstanten Fehlers beobachtet, und zwar an Stellen, die ein Vielfaches von 1,25″ waren. Später stellten sich bei neuen Untersuchungen auch periodisch wiederkehrende Maxima des Schätzungsfehlers ein, bei einer Periode von $t = m \cdot 1{,}25'' - 0{,}5''$, wobei $m = 3, 4, 5, 6, 7$ zu setzen ist.

---

[1]) Estel, Neue Versuche über den Zeitsinn. Philos. Stud. Bd. 2, S. 37 ff.

[2]) Mehner, Zur Lehre vom Zeitsinn. I. Das Schätzen von leeren Zeitstrecken. Phil. Stud. Bd. 2, S. 546 ff.

[3]) Glass, Philos. Stud. Bd. 4, S. 423 ff.

Als psychologische Deutung dieser Periodizität des Schätzungsfehlers ergab sich ungezwungen die bekannte Periodizität in der zeitlichen Entwicklung der Apperzeption. Auf einem Gebiete, dessen Vergleichsurteile nachweislich so direkt von den Aufmerksamkeitsverhältnissen abhängig sind wie die Zeitschätzung, hat man wohl keinen Grund, eine so auffällige Übereinstimmung zwischen einer Eigentümlichkeit der Zeitschätzung und der Aufmerksamkeit für rein zufällig zu erklären, wie z. B. Schumann seinerzeit versucht hat[1]). Wie von Wundt[2]) ausführlich dargetan ist, gründet sich unsere gesamte Zeitauffassung wesentlich auf die Aufmerksamkeitsspannungen, und durch Selbstbeobachtungen und durch objektive Prüfung der Aufmerksamkeitsleistung ist genügend nachgewiesen, daß die Spannung der Apperzeption einem regelmäßigen Auf- und Abschwanken unterliegt, mit anderen Worten, daß in gewissen ziemlich regelmäßig wiederkehrenden Momenten der maximale Grad der Spannung der Aufmerksamkeit erreicht wird, zwischen die sich nun ein Gebiet geringerer Aufmerksamkeitsspannungen einschiebt. Die ganze Auffassung dauernder Vorgänge oder auch »leerer«, durch Momentanreize begrenzter Zeitstrecken schließt also eine rhythmische Entwicklung der Apperzeptionstätigkeit ein, wobei einzelne Zeitpunkte gewissermaßen von der Aufmerksamkeitstätigkeit akzentuiert erscheinen und die dazwischenliegenden Intervalle Erholungspausen dieser Tätigkeit darstellen. Während aber nun der Einfluß der Aufmerksamkeitskonzentration auf die Genauigkeit der Auffassung, soweit sie durch die Unterschiedsschwelle und vor allem durch die mittlere Schwankungsbreite der Auffassung (den mittleren zufälligen Fehler) gemessen wird, aus der unmittelbaren Bedeutung der Aufmerksamkeit für die Klarheit und Deutlichkeit der Vorstellungen direkt verständlich ist, ergibt sich der psychologische Zusammenhang zwischen dem Aufmerksamkeitsrythmus und einem bestimmten Gang des konstanten Fehlers erst aus einer spezielleren Überlegung über die Vorgänge bei der Auffassung der zeitlichen Reizverhältnisse. Denn wenn auch das Wachstum der Apperzeption mit der Genauigkeit der Auffassung überhaupt zugleich den konstanten Fehler unter sonst gleichen Bedingungen zu

[1]) Zeitschrift f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 4, 5, 7.

[2]) Wundt, Physiol. Psychologie Bd. 3, 1911, S. 475.

verringern strebt, so daß es, abgesehen von anderen Quellen konstanter Fehler, auf ein Minimum der Schätzungsdifferenz hinwirkt, so wäre dadurch noch keine eindeutige Ablenkung des mittleren Schätzungswertes für die von der Aufmerksamkeit unbetonten Momente begründet, wie es zur Erzeugung eines periodischen Ganges dieser Größe vorausgesetzt ist; denn hierfür muß die vom Spannungswachstum der Aufmerksamkeit abhängige Fehlerkomponente mit der Zunahme der Entfernung von einem relativen Optimum der Auffassung in bestimmter Richtung bis zu einem Maximum ansteigen und dann mit der Annäherung an das nächste Optimum wieder fortgesetzt abnehmen.

Einen unmittelbaren Einblick in die Art und Weise, wie das Spannungswachstum der Aufmerksamkeit auf eine Verschiebung der relativen Zeitlage von Momentanreizen in unserer Auffassuug hinwirkt, gestatten nun bekanntlich die sogenannten Komplikationsversuche[1]). An einer Fülle von Beobachtungsmaterial ist hier sichergestellt worden, daß der Zeitpunkt eines Aufmerksamkeitsakzentes auf die subjektive Zeitordnung der Reizbegrenzung von Zeitstrecken in unserer Apperzeption unmittelbar assimilierend einwirkt. Wird nämlich z. B. auf der Scheibe, auf der der Zeiger der Komplikationsuhr rotiert, eine bestimmte Stelle irgendwie markiert, so bewirkt die Verlegung des Aufmerksamkeitsakzentes nach dem Moment des Vorbeiganges des Zeigers an dieser Stelle, daß ein in zeitlicher Nachbarschaft ausgelöster Glockenschlag nach diesem Zeitpunkt hin verlegt wird, in nicht zu großer Differenz sogar mit ihm gleichzeitig erscheint, wie bekanntlich Wundt[2]) festgestellt hat, und wie es wiederholt bestätigt worden ist. Ähnlich wirken nach Geiger[3]) auch ohne besondere Markierung natürlich herausgehobene Momente, wie z. B. der Durchgang des Zeigers durch die Vertikallinie ohne besondere Markierung derselben. Vor allem aber macht sich hierbei auch bereits der natürliche Aufmerksamkeitsrhythmus in der Weise geltend, daß bei wiederholtem Umlauf des Zeigers auf einer

1) Wundt, Physiol. Psychol. Bd. 3, 1911, S. 58 ff.

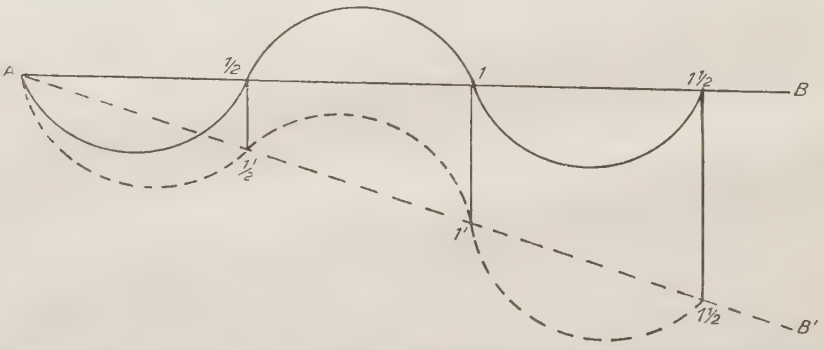
2) a. a. O. S. 60.

4) Wundt, Phil. Stud. Bd. 18, S. 349. Wirth, Experim. Analyse der Bewußtseinsphänomene, 1908 S. 339.

Skala ein stets an der nämlichen Stelle ausgelöster Glockenschlag in der Apperzeption mit einer früheren oder späteren Zeigerstellung zusammengeordnet wird (negative oder positive Zeitverschiebung nach Wundt), je nachdem das Tempo des Glockenschlages »zu langsam« oder »zu schnell« ist, d. h. hinter einem natürlichen Aufmerksamkeitstempo zurückbleibt oder ihm vorauseilt. Was aber hier zunächst nur bezüglich seiner Wirkung für die Lage eines einzelnen Momentanreizes zu einer Reihe disparater Eindrücke zur Beobachtung gelangt, muß offenbar auch für die Einschätzung einer von zwei solchen Momentanreizen begrenzten Strecke in analoger Weise zur Geltung kommen, wenn der zweite dieser Grenzreize vor, in oder nach einem der Optima der Aufmerksamkeitsspannung eintrifft, die sich in der vom ersten Grenzreiz eingeleiteten Apperzeptionsentwicklung periodisch wiederholen. Auch hier ist also zu erwarten, daß der zweite der beiden Schallreize, der die erste von zwei zu vergleichenden »leeren« Zeitstrecken begrenzt, von dem natürlichen Akzent der Aufmerksamkeitsbewegung in dieser Strecke eine Assimilationswirkung erleidet. Wäre diese Assimilation eine vollständige, so hätte man bei dem Anhören der Vergleichsstrecke, die mit ihrem vorderen Grenzreiz wieder eine entsprechende Entwicklung der Apperzeptionstätigkeit mit analogem Spannungs- und Lösungsgefühl wie in der ersten Strecke auslöst, das zum Gleichheitsurteil führende Bewußtsein der Übereinstimmung nur dann, wenn diese Strecke direkt mit dem natürlichen Aufmerksamkeitsakzent selbst abschließt, und alle unbequem kurzen Strecken würden als kürzer bzw. alle unbequem längeren Strecken als länger wie die erste Strecke beurteilt werden. Aber auch wenn die Assimilation, wie es im allgemeinen der Fall sein wird, keine vollständige ist, sondern nur eine teilweise Ablenkung der subjektiven Zeitlage des Abschlusses der ersten Zeitstrecke nach dem natürlichen Aufmerksamkeitsakzent hin bedeutet, wird eine Schätzungsdifferenz von der nämlichen Richtung nur von kleinerem Betrage zustande kommen. Auch hieraus ergibt sich aber dann immer noch eine größere oder kleinere Überschätzung von Zeitstrecken, die innerhalb des Assimilationsbereichs hinter einer Takteinheit des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus zurückbleiben, und eine Unterschätzung der dieses Tempo überschreitenden Zeiten. Die

mit dem Spannungsoptimum selbst abschließende Strecke aber würde, von anderen Fehlerquellen abgesehen, gerade richtig geschätzt werden. Wenn aber nun die erste Zeitstrecke soweit anwächst, daß — unter Voraussetzung einer unveränderten Weiterentwicklung des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus — ihr Schlußreiz bereits in die Nähe eines zweiten Aufmerksamkeitsakzentes fällt, so wird seine Auffassung in der resultierenden Zeitvorstellung, die auf den Vergleich mit der zweiten Strecke weiterwirkt, eben nunmehr auch von diesem zweiten Akzent eine Assimilationswirkung erfahren. Hierbei würde also die Zeit, die zwei Takteinheiten des natürlichen Rhythmus gleich ist, wieder »richtig« geschätzt werden, während die etwas kleineren Zeiten wieder überschätzt, die etwas größeren unterschätzt werden. Zwischen dieser Angleichung nach oben (Überschätzung) bei den Zeiten, die etwas hinter zwei vollen Takteinheiten der Apperzeption zurückbleiben, und der Angleichung nach unten (Unterschätzung) bei Zeiten, die die Takteinheit etwas überschreiten, also bei etwa anderthalb Takteinheiten, muß aber dann natürlich ein Bereich von Zeitstrecken liegen, bei denen sich die beiderseitigen entgegengesetzten Einflüsse des ersten und zweiten natürlichen Apperzeptionsakzents kompensieren, falls sie nicht vielleicht bei dieser Entfernung des Schlußreizes von den sogenannten Akzenten an und für sich zu schwach sind. Jedenfalls muß also hier ein ähnliches Fehlerminimum liegen wie bei den Vielfachen der Takteinheit selbst. Wie also jede ganze periodische Bewegung zweimal durch die Ruhelage hindurchgehen muß, so daß diese Indifferenzlagen um halbe Wellenlängen voneinander abstehen, so würden sich auch aus dieser Überlegung Indifferenzpunkte des Aufmerksamkeitseinflusses für alle halben Vielfachen der Takteinheit des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus ergeben. Die Maxima des Schätzungsfehlers aber stehen um die ganze Zeiteinheit der Aufmerksamkeitsperiode voneinander ab, ebenso verhalten sich die Minima dieser Fehler zueinander. Demnach wären die Maxima des Fehlers übrigens keine Vielfachen der ersten Indifferenzzeit, die durch das Zusammenfallen des zweiten Reizes mit dem ersten Akzent entsteht, sondern etwa das $1^1/_4$, $2^1/_4$, · · · fache für die Unterschätzungsfehler bzw. das $1^3/_4$, $2^3/_4$, · · · fache bei Überschätzungsfehlern.

Dieser Effekt des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus, wie er sich darstellen würde, falls keine andere Fehlerquelle der Zeitschätzung vorhanden wäre, wird natürlich weiterhin dadurch wesentlich kompliziert, daß die Zeitschätzung im ganzen mit der Zunahme der Zeitstrecke einem systematischen Einfluß unterliegt, der dem bei der Überschreitung einer einzigen Takteinheit des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus gleichgerichtet ist. Die Unterschätzung der langen Zeiten nimmt nämlich fortgesetzt zu, und die eben abgeleitete Periodizität kann sich also höchstens dieser Hauptkomponente eines zunehmenden Schätzungsfehlers superponieren; d. h. man hat sich die hiervon als relativ unabhängig betrachteten Einflüsse des natürlichen Aufmerksamkeitsakzents bei der Rekonstruktion des obigen Schemas nicht als Abweichungen von einer absolut »richtigen« Schätzung mit dem Fehler *O* zu denken, sondern vielmehr nur von der neben diesem periodischen Einfluß vorhandenen Unterschätzungskomponente abzuziehen bzw. zu ihr hinzuzufügen. Lägen also etwa die Schätzungswerte, abgesehen von dem periodischen Akzenteinfluß auf der nach abwärts gerichteten Geraden AB' (Fig. 1), so würde in den Indifferenzpunkten der perio-



Figur 1. Schematische Darstellung des Zusammenwirkens von Aufmerksamkeitsrhythmus und Unterschätzung.

dischen Aufmerksamkeitseinflüsse, also nach dem oben Gesagten bei den Zeiten $^1/_2$, 1, $1\,^1/_2$ · · · Takteinheiten der Aufmerksamkeitsperiode, diese Unterschätzung rein heraustreten, während sie dazwischen durch die genannten Aufmerksamkeitseinflüsse zu- und

abnimmt. Da aber die Größe der Unterschätzungskomponente, wie sie unabhängig von dem periodischen Aufmerksamkeitseinfluß wäre, nicht im voraus bekannt ist, so wären die Projektionen dieser Indifferenzpunkte der Kurve der Aufmerksamkeitseinflüsse, für sich betrachtet, auf die Kurve des zunehmenden Unterschätzungsfehlers aus einer gegebenen Kurve des Gesamtfehlers nicht leicht zu konstruieren und verlieren daher auch für die folgende Betrachtung an Bedeutung. Dagegen müßte die Periode des Auf- und Abwogens auch aus der resultierenden Gesamtkurve, aus dem Abstand der relativen Maxima unter sich und der relativen Minima unter sich, die ganze Wellenlänge der Apperzeptionsperiode erkennen lassen.

Dieses Schema kompliziert sich freilich weiter in dem Maße, als die eine Hauptkomponente der zunehmenden Unterschätzung der Strecken im ganzen nicht die oben vorausgesetzte Einfachheit einhält, sondern, wie es vor allem die Ergebnisse von Katz[1]) vermuten lassen, komplizierterer Natur ist. Aber die zweifellos daneben bestehende Periodizität der Wirkung des natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus überhaupt wird auch dann vorhanden bleiben müssen, wenn die Abstände der Maxima bzw. der Minima des resultierenden Gesamtfehlers der Schätzung dann nicht mehr so leicht als die Einheiten des Aufmerksamkeitsrhythmus selbst anzusprechen sind. Dies zeigt auch, wie wenig aus gewissen Unregelmäßigkeiten im Verlauf der absoluten Minima und Maxima des Schätzungsfehlers auf einen absoluten Mangel an Regelmäßigkeit in der natürlichen Aufmerksamkeitswirkung zurückgeschlossen werden kann. Die eigentümliche Verwicklung der Haupt- und Nebengliederung in jedem Rhythmus, insbesondere auch im natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus, mit ihrer Verschiedenwertigkeit der einzelnen Betonungen und ihrer Assimilationswirkungen, ebenso der Wechsel im Tempo führt aber dann weiterhin dazu, daß im Rahmen unserer Erklärung der bisher beobachteten Periodizität aus dem Spannungswachstum der Aufmerksamkeit sogar eine sehr komplizierte Form der Periodizität verständlich bleiben würde.

[1]) Katz, Experimentelle Beiträge zur Psychologie des Vergleiches im Gebiete des Zeitsinns (Ztschft. f. Psych. u. Phys. d. Sinnes Bd. 42, 1. Abt. S. 302 ff.).

Jedenfalls ergibt sich schon aus der hauptsächlichsten Komplikation des Einflusses der Aufmerksamkeitsperiode durch die zunehmende Unterschätzung bei größeren Zeiten, daß nur bei den kürzeren Zeiten die Maxima und Minima des Schätzungsfehlers und die Indifferenzzeit eine genauere Konstruktion des Aufmerksamkeitsrhythmus in der genannten Weise zu rekonstruieren erlauben. Es ist nun interessant, daß sich dabei auch noch innerhalb der ersten Aufmerksamkeitsschwankung ein Indifferenzwert ergibt, der etwa bei der Hälfte der Zeiteinheit einer Aufmerksamkeitsperiode liegt und die Kompensation zwischen der Anziehung nach unten seitens des ersten Grenzreizes (gewissermaßen des o-ten Akzents der Aufmerksamkeit oder des Ausgangspunktes der ganzen Aufmerksamkeitsbewegung) und der Anziehung nach oben seitens des ersten Aufmerksamkeitsakzents, bzw. die Indifferenzzone zwischen beiden einander entgegengesetzten Wirkungen darstellt.

Wir werden sehen, daß unser Beobachtungsmaterial, das wir, wohl gemerkt, vor diesen Überlegungen, ganz unbeeinflußt durch die Theorie abgeleitet haben, sogar zur Verifizierung dieser Einzelheiten der Theorie Gelegenheit geben wird.

Diese Rechtfertigung der bisherigen Annahme, daß die von Estel bis Glass beobachtete Periodizität nicht rein zufällig, sondern im Wesen der Aufmerksamkeit begründet ist, soll aber nun nicht nur unserem Versuche, der Frage durch neue, genauere Methoden von neuem nachzugehen, von vornherein eine günstige Aufnahme sichern. Sie zeigt vielmehr, daß die von uns eingehaltenen spezielleren Versuchsbedingungen der Ableitung einer dem natürlichen Aufmerksamkeitsrhythmus entsprechenden Periode des Schätzungsfehlers besonders günstig waren.

Es ist nach dem vorigen klar, daß die Periodizität überhaupt unter günstigen oder ungünstigen Entwicklungsbedingungen stehen wird, je nachdem der natürliche Rhythmus der Aufmerksamkeit bei der Ausführung des Versuches besonders herausgearbeitet oder absichtlich zurückgedrängt wird. Da es nun im folgenden auf eine möglichst klare Ableitung der periodischen Schwankungen des Schätzungsfehlers ankam, so haben wir den Einfluß einer subjek-

tiven Rhythmisierung auf den Zeitvergleich für unsere Versuche nach Möglichkeit in der Richtung unterstützt, daß auch bei der zweiten Strecke eine möglichst analoge Bewegung der Apperzeption einsetzte, wie ans dem folgenden noch genau zu ersehen ist.

Von besonderer Wichtigkeit für die Auffindung einer solchen Periodizität ist aber nach obigem vor allem noch der Umstand, daß die Größe der jedesmal dargebotenen Strecke den Rhythmus der natürlichen Aufmerksamkeitsbewegung nicht von dieser Strecke selbst abhängig werden läßt. Hierfür schien die Unwissentlichkeit bezüglich der Zeitstrecke, die der Beobachter sich selbst auslöst, besonders günstig zu sein, da hierbei jeder Versuch mit einer mittleren Einstellung der Aufmerksamkeitstätigkeit einsetzt, die dann innerhalb des Versuchs selbst, solange die tatsächlich dargebotene Strecke sich innerhalb eines gewissen Bereiches hielt, nach einiger Einübung auch relativ ungestört beibehalten werden kann. Den Nebeneinfluß, den die benutzte Normalzeit auf die Indifferenzzeit infolge der variabeln Anpassung der Aufmerksamkeit ausübt, hat schon Vierordt[1]) beobachtet.

Mit besonderer Berücksichtigung dieser Momente den Gang des Schätzungsfehlers bei der Vergleichung von Zeitstrecken zu untersuchen, ist die Aufgabe vorliegender Arbeit.

Methode und Versuchsanordnung.

Um eine relativ genaue Bestimmung der Schätzungsdifferenz mit nicht allzuviel Versuchen zu erreichen, verwendeten wir die Methode der drei Hauptfälle, welche die Vorzüge der Methode der Minimaländerung und die der richtigen und falschen Fälle in sich vereinigt. Dadurch, daß die Normalzeiten bis zu einem gewissen Grade — soweit es nämlich die Zusammenfassung in einzelne Gruppen gestattete — zu dem schon erwähnten Zwecke des gleichmäßigen Einsetzens der Aufmerksamkeitsbewegung in jedem Versuche, rein zufällig aufeinanderfolgten, war eine Gewöhnung an ein bestimmtes Intervall nicht möglich.

Als zweites Moment, das bei der Vergleichung von Zeitstrecken nicht unberücksichtigt bleiben darf und besonders auf den Gang des

[1]) a. a. O. S. 54.

Schätzungsfehlers einen entscheidenden Einfluß auszuüben imstande ist, muß die Pause zwischen Normalzeit und Vergleichszeit gelten. Insbesonders muß ihr wegen des dabei möglicherweise auftretenden Rhythmus besondere Beachtung geschenkt werden. Der Einfluß der Pause machte sich schon bei Vierordts Versuchen bemerkbar: bei beliebiger Pause lag der Indifferenzpunkt höher als bei der unmittelbaren Aufeinanderfolge von *N* und *V*. Wenn eine bestimmte Pause zwischen Normalintervall und Vergleichsreiz eingeführt werden sollte, so erwies sich eine solche von etwa 2,0″ als die günstigste[1]). Um nun das Normal- und Vergleichsintervall unter möglichst gleichen Bedingungen der Aufmerksamkeit darzubieten, wurde die Auswahl einer freien Aufeinanderfolge der beiden Intervalle eingeführt, d. h. die Länge der Pause stand ganz im Belieben der Vp., die in dem Momente, der ihr für die Auffassung des neuen Intervalls am günstigsten schien, die Zeitstrecke auslösen konnte. Irgendwelche Gefühle der Überraschung bei zu kurzer, oder der Spannung bei zu langer Pause fallen dabei weg. Die Bedeutung der Pause für den Rhythmus wird später erörtert werden. In früheren Untersuchungen hat man bald sogenannte »leere« (reizfreie) Zeitstrecken, bald reizerfüllte Strecken zum Vergleiche dargeboten. Da aber jene als einfachste reizerfüllte Zeitstrecken angesehen werden müssen, die für die Vergleichung am meisten geeignet erscheinen[2]), sind sie allein in vorliegender Arbeit benützt worden.

Um allen diesen Anforderungen zu genügen, mußte zunächst darauf gesehen werden, daß die Vp. möglichst frei von allen störenden Nebenwirkungen die Vergleichung der beiden Zeitstrecken vornehmen konnte. Es machte sich daher ein getrenntes Arbeiten von Experimentator und Versuchspersonen notwendig. Da der zweite begrenzende Schlag des Intervalls passiv hingenommen werden sollte und andererseits die Pause beliebig war, so daß zum Einstellen der Strecke möglicherweise gar keine Zeit blieb, so mußten beide Strecken gleich zu Anfang des Versuches eingestellt sein. Zur Auslösung der Taktschläge durch

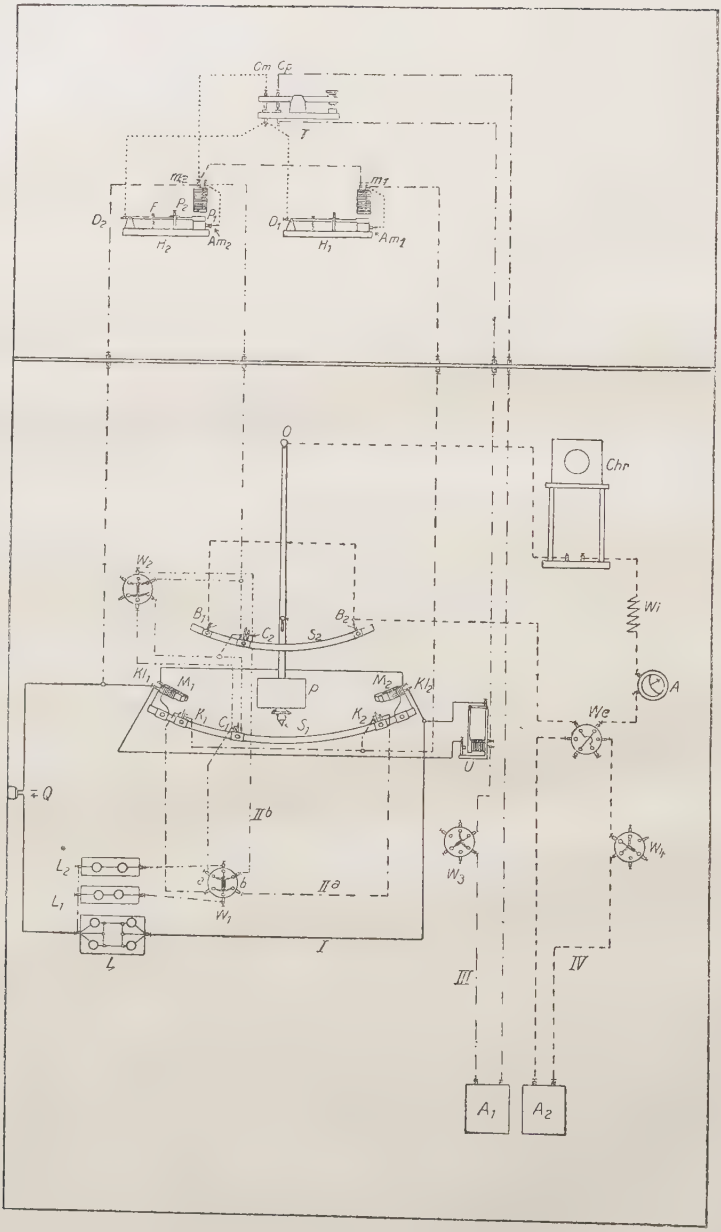
[1]) Vierordt, Der Zeitsinn, S. 53. — Katz, a. a. O. S. 47.

[2]) Wundt, Physiol. Psych. Bd. 3, 1911. S. 19. — Meumann, Beiträge zur Psychol. d. Zeitsinn. Philos. Stud., Bd. 12, 1896. S. 138.

Öffnung von Schließungskontakten wurde daher ein Pendel benützt, dessen Abschwingen aus einer bestimmten Amplitude die Vp., beliebig durch den Druck auf einen Taster bewirken konnnte. Um möglichst fehlerfreie Übertragung der Kontaktzeiten des Pendels auf die Begrenzungen der Intervalle zu bekommen, wurden zur Erzeugung der Taktschläge elektromagnetische Schallhämmer neuer Konstruktion verwandt.

Damit schließlich auch eine eventuelle Beziehung zwischen Normalzeit und Pause, deren Länge ja beliebig sein sollte, abgeleitet werden konnte, mußte noch die Möglichkeit einer Messung dieser Zwischenzeit gegeben sein. Unter Berücksichtigung aller dieser Momente war daher die Gesamtanordnung die folgende:

Von der Starkstromzuleitung Q führt zunächst ein Strom (I) durch vier parallel geschaltete Glühlampen L nach den beiden Haltemagneten M_1 und M_2, von denen bei Stromschluß immer einer das Pendel festhält. Ein zweiter Stromkreis (II), der auch von Q ausgeht, teilt sich in die beiden Zweige IIa und IIb, die je zwei hintereinander geschaltete Glühlampen L_1 und L_2 enthalten und über die Wippe W_1 einerseits (IIa) über die Öffnungskontakte K_1 und K_2 und den Schallhammer H_1, andererseits (IIb) über die beiden anderen Kontakte C_1 und C_2 nach H_2 und zurück nach Q geleitet werden. Davon geben K_1 oder K_2 jedesmal den ersten Schlag des Normal-, bzw. Vergleichsintervalls, während C_1 oder C_2 das Normal-, bzw. Vergleichsintervall abschließen. Da nun die Pause ganz in das Belieben der Versuchsperson gestellt war, diese also die zweite Strecke folgen lassen konnte, wenn der günstigste Moment für die Auffassung der Vergleichsstrecke gekommen war, so diente ein dritter Stromkreis dazu, das Abfallen des Pendels von dem Haltemagneten M_1 bzw. M_2 durch einen Fingerdruck der Versuchsperson zu bewirken. Dieser dritte Stromkreis (III) führte von einem Akkumulator A_1 von etwa 4 Volt Spannung durch den Auslösetaster T (mit dem Auslösekontakt $O\phi$) nach einem elektromagnetischen Unterbrecher U, durch Niederdrücken des Tasters wurde im Unterbrecher der Strom unterbrochen, der bewegliche Arm stellte die Verbindung von Klemme 1 und 2 her, so daß der Strom I unmittelbar vor den Magneten kurzgeschlossen wurde und das Pendel abfiel. In den Versuchen, in denen auch noch



Figur 2. Schema der Versuchsordnung.

die Zwischenzeit zwischen den beiden Vergleichsstrecken gemessen werden sollte, war ein vierter Stromkreis (IV) nötig, der von einem zweiten Akkumulator A_2 ausging, über einem Stromwender *We* nach zwei Berührungskontakten B_1 und B_2, die den Strom in dem Momente schlossen, wo die Pendelstange sich an die Magnete anlegt, durch die Pendelstange und über das Chronoskop *Chr* und den Stromwender wieder nach A_2 zurückführte. Der Strom wurde durch einen Widerstand *Wi* immer so reguliert, daß das Chronoskop mit einer Stromstärke von 0,108 Amp. lief. Durch eine Wippe W_4 konnte dieser Strom nach Belieben vom Experimentator ausgeschaltet werden. Da die Kontakte K_1, K_2 bzw. C_1, C_2, wenn das Pendel mit den Stiften S_1 bzw. S_2 beim Hinweggleiten sie geöffnet hatte, nicht einfach wieder in ihre alte Lage zurückkehrten, sondern erst nach öfterem Hin- und Herschwingen sich wieder schlossen, so war es nötig, da die Schallhämmer diese Bewegungen mit machten und als Wagnersche Hämmer wirkten, bei den Schallhämmern eine Nebenschließung anzubringen. Der Strom verlief dann so: Von der Magnetschraube von m_1 an H_1, wo der Stromkreis II eintrat, nach dem Amboß Am_1, durch den Hammer über D_1 nach O_m am Auslösetaster; ebenso von der Magnetschraube von m_2, wo Strom IIb eintrat, nach Am_2, über D_2 ebenfalls nach O_m; von da dann gemeinsam nach der Magnetschraube von m_2, wo Strom II austrat. Auf diese Weise blieben die beweglichen Hämmer immer unten liegen, solange bei *Om* der Strom geschlossen war. Beim Drücken auf den Taster hoben sich dann infolge Unterbrechens des Nebenschließungsstromes sofort die Hämmer durch Anziehung durch die Elektromagnete, um dann beim Öffnen der Kontakte K_1 und C_1, bzw. K_2 und C_2 sogleich wieder mit präzisem Schlage herabzufallen. Um das Aufheben der Hämmer, das also mit dem Druck auf den Taster zusammenfällt, geräuschlos und unhörbar zu machen, wurde eine Feder reguliert, außerdem durch eine Vorrichtung bei P_2 ebenso wie bei P_1 ein Lederpolster angebracht. Die Magnete waren auf Millimeter verstellbar, so daß gleiche Schallintensität im wesentlichen hergestellt werden konnte. Die Versuchsperson sah natürlich die Hämmer nicht, sondern diese waren auf einer Filzunterlage hinter einem Pappschirm aufgestellt. Die Wippe W_1 war so eingerichtet,

daß man durch einmaliges Umwenden sofort die zugehörigen Kontakte, die also entweder Normal- oder Vergleichsstrecke begrenzten, eingeschaltet hatte. Als dann später mit Zeiten Versuche angestellt wurden, zu denen mehrere Schwingungen des Summationspendels erforderlich waren, mußten die Kontakte C_1 und C_2, ebenso die Magnete M_1 und M_2 beliebig ausgeschaltet werden können. Das erreicht man mit den Wippen W_2 für die Kontakte C_1 bzw. C_2, mit W_3 für die Magnete. Wenn dabei noch die Zwischenzeit gemessen wurde, dann mußte auch der Chronoskopstrom — das Chronoskop lief auf Öffnung-Schluß — in den Augenblicken der Berührung von B_1 bzw. B_2 durch die Pendelstange ausgeschaltet werden. Das geschah mittels W_4. Als die Normalzeiten so genommen wurden, daß zu den ersten Normalzeiten die Zeiten von 1 und 3 Halbschwingungen hinzukamen, war ein Vertauschen der Drähte bei a und b an W_1 nötig. Die Einstellung der Kontakte C_1 und C_2 erfolgte an einer graduierten Skala, K_1 und K_2 blieben für alle Versuche fest. Zur Messung der jedem Skalenteil entsprechenden Zeit — direkt an den Schallhämmern vorgenommen — wurde ein Hippsches Chronoskop benutzt, dessen konstanter Fehler mit höchstens 4 σ anzuschlagen ist, wie die häufigen Prüfungen mit dem Kontrollhammer ergaben. Für die Messungen der Zwischenzeiten kam ein kleineres Chronoskop in Anwendung, dessen konstanter Fehler sehr hoch war, 212 σ. Um alle Störungen möglichst zu vermeiden, arbeiteten Versuchsperson und Experimentator getrennt, und zwar befand sich die Vp. mit den Schallhämmern in einem entfernt liegenden Dunkelzimmer. Die Verständigung zwischen beiden vermittelte ein Telefon und eine bequem für die Vp. angebrachte Klingel, so daß die Urteile sofort durch entsprechende Klingelzeichen und die Selbstbeobachtungen durch das Telefon übermittelt werden konnten.

Der Verlauf eines Versuches war nun folgender: Nachdem die Kontakte für Normalreiz und Vergleichsreiz eingestellt waren, wurde der Vp. ein kurzes Klingelzeichen gegeben. Daraufhin drückte der Beobachter, wenn seine Aufmerksamkeit für die Auffassung der Strecke am günstigsten war, auf den Taster, worauf die beiden Schläge des Normalreizes folgten. Nach kurzer Zeit, die ganz in das Belieben der Vp. gestellt war, ließ diese dann das Vergleichsintervall folgen

und gab sofort hinterher das Urteil ($<, =, >$) ab, das sich immer auf die zweite Strecke zu beziehen hatte. Das Urteil wurde aufgezeichnet, die Gesamtzeit des Versuches — aus der sich leicht die Länge der Pause berechnen läßt — notiert, dann die Kontakte neu eingestellt, und der nächste Versuch folgte. So wurden immer etwa 20 Versuche zu einer Versuchsgruppe zusammengefaßt und im allgemeinen in einer Versuchsstunde 2 solche Gruppen, durch eine kleine Pause getrennt, durchgenommen. Dabei wurden in einer Gruppe gewöhnlich 3 Normalzeiten zugleich berücksichtigt — nur in einem Falle vier —, die nicht zu verschieden voneinander waren. Zur Untersuchung gelangten Normalzeiten von 0,23″ bis 0,8″ (mit 5 Vp.) und von 1,25″ bis 3,58″ (mit 2 Vp.).

Als Versuchspersonen fungierten die Herren: Kand. d. h. S. Buchholz (Bu), stud. math. Hammer (Ha), Herfurth (He), Hoh (Ho) und Dr. Kraskowski (Kr).

Von diesen hatten Bu, Ha, He und Kr schon an psychologischen Arbeiten teilgenommen, während Ho zum erstenmal beobachtete.

Das Verhalten der Versuchspersonen bei Vergleichung der Zeitstrecken von 0,23″ bis 3,58″.

Wenn man in den oben erwähnten Arbeiten näher zusieht, so findet man allgemein, daß bei den Untersuchungen über den Schätzungsfehler bei der Vergleichung von Zeitstrecken nur Zeiten berücksichtigt wurden, die nicht unter 0,7″ hinabgingen, da die verwendeten Apparate kleinere Zeitstrecken darzubieten nicht gestatteten. An dieser Stelle war dann von fast allen Experimentatoren ein Indifferenzpunkt konstatiert worden, und das Gesetz, das man aus den Ergebnissen ableitete, ließ sich so aussprechen: Zeiten unterhalb 0,7″ werden überschätzt, solche oberhalb dieses Punktes erfahren eine Unterschätzung. Wir suchten nun einerseits auch etwas über das Verhalten des Schätzungsfehlers bei kleineren Zeiten unter 0,7″ zu erfahren und berücksichtigten Zeitstrecken bis 0,23″, anderseits dehnten wir die Zeiten in dem bereits untersuchten Gebiete wenigstens bis 3,58″ aus.

Dadurch, daß der Beobachter sich die beiden Strecken selbst auslöste in dem Momente, der ihm für die Auffassung der ersten Strecke

und die Vergleichung der zweiten mit ihr am günstigsten erschien, wurden zwei zueinander analoge Aufmerksamkeitsbewegungen bei Beginn der Normal- und Vergleichsstrecke eingeleitet.

Von allen Versuchspersonen wurde zu Protokoll gegeben, daß die Vergleichung der beiden Strecken am besten vorgenommen werden könne, wenn man bei verteilter Aufmerksamkeit den Versuch ausführe. Um solche verteilte Aufmerksamkeit zu begünstigen, ließen die Vp. meist die Lampen im Versuchszimmer brennen; denn »wenn man ganz im Dunkeln sitzt, stören auch die geringsten Geräusche«. Dagegen wurde die Vergleichung sehr erschwert oder fast nicht mehr ausführbar, wenn man mit konzentrierter Aufmerksamkeit jede einzelne der beiden Zeitstrecken erwartete. Sie liegen dann nicht mehr in irgendeiner Beziehung zueinander im Bewußtsein, sondern erscheinen vollkommen isoliert. Eine Versuchsperson äußerte sich darüber wörtlich: »Gibt man sich besondere Mühe bei der Einstellung der Aufmerksamkeit auf jedes der beiden Intervalle, dann erscheint das eine vollkommen isoliert vom anderen, und eine Vergleichung fällt dann sehr schwer, weil man gewissermaßen zu viel Energie auf die Aufmerksamkeitseinstellung auf jede Zeitstrecke verwendet hat, so daß das erste Intervall schon aus dem Bewußtsein verschwunden ist, wenn die Vergleichsstrecke gegeben und beurteilt wird.« Man hat bei verteilter Aufmerksamkeit die beiden Reizstrecken gewissermaßen nebeneinander im Bewußtsein, und kann sie leichter vergleichen, als bei konzentrierter Aufmerksamkeit, wo die beiden Strecken hintereinander zu liegen scheinen. Dieselben Beobachtungen hat auch Nichols[1]) gemacht und gefunden, daß die vollkommen passive Hingabe an den Eindruck ohne jedes zentrale Eingreifen mit Erwartungsvorstellungen den günstigsten Urteilsfall bildet; die Aufmerksamkeit erscheint dabei nur als hemmende Funktion, welche äußere und zentral verursachte Vorstellungen in gleicher Weise fern zu halten sucht. Analoge Verhältnisse walteten auch bei Meumanns[2]) Versuchen ob. Allerdings konnte nun in unserem Falle die Vp. nicht völlig passiv sein, eine Selbstauslösung der beiden Reizstrecken durch den Beobachter erschien geboten, weil man bei beiden Zeitstrecken den nämlichen

[1]) Vergl. Philos. Stud. Bd. 8, S. 502.

[2]) Meumann, Beiträge z. Psychol. d. Zeitsinns. Philos. Stud., Bd. 8, S. 503.

Gefühlsablauf von Spannung und Lösung erstrebte. Es wird aber dabei noch hervorzuheben sein, daß — besonders im Anfang — der Grad der Aufmerksamkeit bei Beginn der ersten Reizstrecke ein etwas stärkerer sein wird, als beim Beginn der zweiten, da die Intervalle unregelmäßig aufeinander folgten und da hierdurch für die zweite Strecke ein gewisses Orientierungsgefühl in Betracht kommt, während ein gewisses Unbekanntheitsgefühl der Vp. in bezug auf die Länge der Strecke die Aufmerksamkeitsspannung bei Beginn der ersten Reizstrecke etwas steigert.

Auf die beständige Variation des Normalreizes bezieht sich direkt eine Bemerkung der Vp. Ha; er führt da aus: »Bei der ersten Strecke ist der Spannungszustand und und das Spannungsgefühl stärker, weil hier noch Gefühle der Überraschung hinzukommen, die davon herrühren, daß man nicht weiß, welche Größe das Normalintervall haben wird. Das zweite Mal dagegen, wenn die Vergleichsstrecke folgt, hat man sich an den Zeitverlauf gewöhnt.«

Als besonders beachtenswert muß bei Ho hervorgehoben werden eine Verbindung von Zeitstrecke mit Raumstrecke, speziell mit einer Tiefenvorstellung im Raume. Jedem Taktschlag kommt eine bestimmte Tiefenvorstellung zu, so daß z. B. den beiden Schlägen des Normalreizes zwei verschiedene Punkte im Raume von verschiedener Tiefenlage entsprechen. Die Lage dieser Punkte ändert sich nun beim Vergleichsintervall nur in bezug auf den zweiten Taktschlag des zweiten Reizes. Falls der zweite Punkt, der dem zweiten Schlag des Vergleichsreizes entspricht, weiter entfernt zu liegen scheint als der zweite Punkt der Normalstrecke, wird das Urteil »größer« ausgelöst und umgekehrt. Diese hier beobachtete Verbindung von Raum und Zeit, die übrigens noch einmal bei längeren Zeiten auftritt, wird wahrscheinlich darin ihren Grund haben, daß gerade die Raum- und Zeitvorstellungen analoge Verhältnisse aufzuweisen haben.

Eine andere Beobachtung derselben Versuchsperson ist die, daß bei jedem Hammerschlag, der objektiv als harter Schlag erfolgte, eine gewisse Tonempfindung zu bemerken war, die verschiedene Höhe der scheinbar entstehenden Töne schien das Urteil zu erleichtern. Und zwar erscheint der begleitende Ton des zweiten Schlages des Vergleichsreizes höher als der des Normalreizes, wenn die Vergleichs-

strecke kürzer ist. Ein scheinbar tieferer Ton ergab sich bei längerer Vergleichsstrecke. Allerdings ist diese Beobachtung nur auf ganz kurze und mittlere Zeitstrecken beschränkt. Es sind dies rein subjektive Elemente, die in den Vorgang der Vergleichung hineingetragen werden, und die im allgemeinen nur den wahren Gang des Schätzungsfehlers zu beeinflussen geeignet sind. Rein subjektiv ist auch die Erscheinung[1]), daß, wenn die zweite Reizstrecke länger bzw. kürzer war, der zweite Schalleindruck des Vergleichsreizes stärker bzw. schwächer erschien. Hier liegt keine objektive Schallverstärkung vor, sondern es kann dies nur als subjektive Über- bzw. Unterschätzung gedeutet werden.

Die Vergleichung der beiden »leeren« Zeitstrecken ist nun ganz verschieden, je nach der Länge der Normalzeit. Während die Beurteilung der ganz kurzen Zeiten fast ausschließlich an die Empfindungen geknüpft ist, die die Strecken begrenzen, und rein objektiv nach der Aufeinanderfolge der Taktschläge geschieht, treten mit zunehmender Größe der Intervalle immer mehr die Gefühle, die den Inhalt der Zeitstrecke ausmachen, in den Vordergrund und werden direkt zur Grundlage der Beurteilung. Die schnelle Aufeinanderfolge der Schläge bei den kürzesten Intervallen wirkt bei manchen Vp. aufregend und unangenehm, und erschwert nicht wenig das Urteil, »da man sich gar nicht gleich zurechtfindet«. Wenn auch schließlich von einem direkten Ausfall des Gefühlserlebnisses nicht gesprochen werden darf, so tritt doch eine Gefühlsänderung ganz und gar in den Hintergrund, so daß sie kaum bemerkbar wird. Es sind nur »Erinnerungsbilder«, wie Ha sich ausdrückt, die zur Beurteilung und Vergleichung gelangen. Das Normalintervall wird dann in der Zwischenzeit im Bewußtsein reproduziert, und wenn es deutlich bewußt ist, wird das Vergleichsintervall ausgelöst und beurteilt. Dieses Verhalten in der Pause ist bei kurzen und langen Intervallen annähernd dasselbe. Bei den langen Zeitstrecken sind nun aber die Momente, die direkt für die Vergleichung in Betracht kommen und den Ausschlag für das Urteil geben, ganz andere als bei den kürzeren Strecken. Es wird hier nicht mehr die bloße Aufeinanderfolge der Empfindungen an

[1]) Vgl. Philos. Studien, Bd. 8, S. 495.

den Grenzen der Zeitstrecken für das Urteil maßgebend, sondern dieses bildet sich auf Grund von Gefühlen und Empfindungen, die die »reizfreie« Strecke ausfüllen.

Bei den mäßig langen Zeitstrecken beginnen also zunächst gelinde Spannungsgefühle und -empfindungen hervorzutreten, die mit wachsender Größe der Strecken intensiver und für das Urteil ausschlaggebender werden. Vor allem bei den ganz langen Zeiten wird die Intensität der Aufmerksamkeitsspannung recht beträchtlich, so daß die Versuche leicht ermüdend wirken. Dadurch, daß die Schallreize der hinteren Begrenzung der Strecken so lange auf sich warten lassen, macht sich eine gewisse Unruhe und Unlust bemerkbar, die sich mit Zunahme der Zeitstrecken steigert und die Vergleichung erschwert. Im besonderen treten nun bei diesen Zeiten sehr deutlich Oszillationen der Spannung der Aufmerksamkeit auf, die auch in die Normal- bzw. Vergleichsstrecke hineinfallen.

Das Urteil hängt dann wieder davon ab, ob der zweite Schlag des Vergleichsreizes bei demselben Grad der Intensität der Aufmerksamkeitsspannung erfolgt, wie der entsprechende Schlag der Normalstrecke. Ist dies der Fall, so wird das Gleichheitsurteil ausgelöst; im anderen Falle erfolgt das Urteil »kleiner« bzw. »größer«.

Die Vergleichung wird auch noch (Ha) in der Weise ausgeführt, daß man den zweiten Schlag des zweiten Intervalls in der Vorstellung antizipiert, und je nachdem der Schlag vor oder nach dem antizipierten Moment erfolgt, urteilt man »kleiner« oder »größer«; das Gleichheitsurteil würde dann durch das Zusammenfallen beider Momente bedingt sein.

Wie hieraus hervorgeht, bilden die Zeiten von 0,23″ bis 3,58″ eine Gruppe, innerhalb deren bemerkenswerte Unterschiede in der Auffassung und Vergleichung deutlich hervortreten. Sie beruhen darauf, daß diese Zeiten ganz verschiedenen Kategorien der anschaulich erlebbaren Zeit angehören. Schon innerhalb des anschaulichen Zeiterlebnisses müssen wir eine weitere Einteilung vornehmen, die durch die Verschiedenheit der psychologischen Erlebnisse bedingt ist. Über diese im allgemeinen bereits bekannten Verhältnisse[1])

[1]) Vgl. Wundt, Physiol. Psychol., Bd. 3. 1911, S. 468.

hat vor einiger Zeitz Katz[1]) ausführlichere Beobachtungen gesammelt, auf Grund deren zu konstatieren war, daß im ganzen die anschaulich erlebbare Zeit in drei Abschnitte zu teilen sei: Dem ersten Abschnitt gehören die Zeiten bis 500 σ an; der zweite umfaßt die Zeiten von ungefähr 500—650 σ, und die Zeiten von da an bilden den dritten Abschnitt. Wenn man diese ungefähren Grenzen einhält, dann hätten wir in den von uns untersuchten Zeiten solche, die also den drei verschiedenen Kategorien des anschaulichen Zeiterlebnisses angehören[2]). Diese Angaben lassen sich auch aus den Selbstbeobachtungen entnehmen, zu denen sämtliche Versuchspersonen herangezogen wurden. Diese Selbstwahrnehmungen, denen in vorliegender Arbeit besonders Rechnung getragen ist, wurden von den Beobachtern spontan zu Protokoll gegeben, oder die Vp. wurden vorsichtig — um jede Beeinflussung derselben von vornherein zu vermeiden — gelegentlich gefragt, ob sie irgendwelche Selbstwahrnehmungen gemacht hätten. Darnach lassen sich nun jene Zeiten in drei Abschnitte teilen, die den oben angeführten sehr nahe kommen. Der erste Abschnitt ist dadurch charakterisiert, daß die Zeitstrecken zwar als Zeiteinheit aufgefaßt, aber wegen ihrer Kürze als nicht sehr angenehm empfunden werden. Die mittleren Zeiten sind die angenehmsten; sie lassen sich bequem zur Einheit zusammenfassen. Dies wird deutlich schwieriger, wenn wir Zeiten, die dem dritten Abschnitt angehören, darbieten und vergleichen lassen; die begleitenden Unlustgefühle nehmen an Intensität zu.

Damit in engerem Zusammenhange steht eine Beobachtung, die im Anfang der Versuche gemacht wurde, nämlich daß man bei langen Zeitstrecken oft das Bedürfnis empfindet, den Versuch ein zweites Mal vorzunehmen; »man weiß dann bereits ungefähr Bescheid über die Länge der Zeitstrecke und ist imstande, den jedesmaligen Taktschlag genau in der Vorstellung zu antizipieren und durch Vergleichung der Intensität der Spannungsempfindung festzustellen, ob die zweite Strecke kürzer oder länger war als die erste«. Aber daß einem solchen Bedürfnis nicht Rechnung getragen werden durfte, ist von vornherein klar, da ja dadurch die Versuchs-

[1]) Katz, a. a. O. S. 15.

[2]) Vgl. dazu Meumann, Beitr. z. Psychol. d. Zeitsinns Bd. 8, S. 269.

bedingungen wesentlich geändert worden wären. Es sollte eben keine Gewöhnung an ein bestimmtes Intervall stattfinden, um die Apperzeptionsbewegung immer gleichartig einsetzen zu lassen. Falls ein solches Bedürfnis geäußert wurde, galt der Versuch als nicht ausgeführt und wurde an andrer Stelle, natürlich ohne Wissen der Vp., wiederholt und mit verrechnet.

Die Länge der selbstgewählten Pausen und ihr Verhältnis zum entsprechenden Normalreiz.

Wie wir schon im Beginn dieser Abhandlung genügend hervorgehoben haben, war durch unsere Aufgabe eine Selbstauslösung der einzelnen Strecken von vornherein geboten. Damit war aber auch ohne weiteres eine beliebige Wahl der zwischen Normal- und Vergleichsreiz liegenden Pause erforderlich, um für beide Reize dieselben Anfangsbedingungen einer analogen Aufmerksamkeitsbewegung zu erhalten. Auf diese Weise waren natürlich Fehler, wie sie aus zu kurzer oder zu langer Pause im Verhältnis zum Normalreiz resultieren, ebenso Wirkungen wie Schreck, Überraschung, zu Unlust anlaßgebende Erwartung usw. eliminiert. Unter diesen neuen Bedingungen bezüglich der Pause wurden nun die unten folgenden Werte für die Zwischenintervalle gefunden, wobei aus dem Bereiche unserer Zeiten bestimmte Gruppen von Normalzeiten herausgegriffen sind.

Die bloße Aufgabe, zwei sukzessive Dinge miteinander zu vergleichen, bewirkt schon einen Rhythmus, indem jedem von ihnen die Apperzeption gesondert zugewendet werden muß. Diese besondere Zuwendung erscheint dann als die Hervorhebung zweier bestimmter Momente, auch dann, wenn die Vergleichung sich nicht auf Zeitstrecken bezieht. In viel stärkerem Maße muß sich nun diese Hervorhebung gewisser Momente vor anderen bemerkbar machen, wenn es sich um Zeitstrecken handelt, die durch besondere Reize begrenzt sind. In diesem Falle wird jedesmal mit dem ersten Reiz einer Strecke ein Akzent der Aufmerksamkeit verbunden sein. Folgen nun zwei solche akzentuierte Momente aufeinander, ohne daß sich zwischen sie ein besonderer Reiz einschiebt, so wird diese Aufeinanderfolge der beiden Akzente als ein Haupttakt aufgefaßt

werden können. Sobald dagegen eine Untereinteilung durch die Grenzreize (d. h. den jedesmaligen zweiten Schlag der Normal- oder Vergleichsstrecke) einsetzt, werden sich zwei Möglichkeiten herausstellen, die das Verhältnis zwischen Haupttakt und Untereinteilung betreffen: Entweder bildet der Normalreiz einen Untertakt des Haupttaktes, oder eine solche einfache Beziehung zwischen beiden fehlt ganz. Welcher von beiden Fällen eintreten wird, dürfte im wesentlichen von dem Normalreiz abhängen, doch sind auch individuelle Momente hierbei nicht ganz ohne Wirkung.

Von den erhaltenen Zeiten für jeden Versuch konnten natürlich nicht alle zur Berechnung herangezogen werden. Durch Ableitung von Mittelwerten werden zwar zufällige Abweichungen eliminiert, aber es mußte doch darauf geachtet werden, daß bei jedem Versuche die Bedingungen möglichst gleiche blieben. Daher wurden die Zeiten bei Versuchen, bei denen der Beobachter sich selbst irgendwelcher Abweichungen bewußt war, oder die sonstwie fehlerhaft oder gestört waren, ohne weiteres gestrichen. Die Zahlen, aus denen die Zeiten für die Pause genommen wurden, sind im allgemeinen bei jeder Vp. nicht sehr verschieden für jede Gruppe. Die Abweichung dieser Zahlen von einem gewissen Mittelwert nimmt aber im wesentlichen zu, wenn sie von ungefähr 0,5″ bis 0,72″ zu kleineren und größeren Zeiten übergehen, und bei jenen wieder ist die Schwankung nicht so bedeutend wie bei diesen.

Da dies nun außerdem die ersten Zeitsinnversuche waren, die mit den Vp. angestellt wurden, so können die bei der ersten Gruppe erhaltenen Resultate noch keinen vollen Wert beanspruchen. Sie waren zur Einübung und Gewöhnung an die Vergleichung reizbegrenzter Zeitstrecken bestimmt. Dadurch, daß die Normalstrecken immer in ihrer Größe und Richtung wechselten, ohne daß die Vp. vorher davon wußte, sind außerdem anfänglich störende Nebenwirkungen als vorhanden anzunehmen, bis der Beobachter von dem Wechsel der Zeitstrecken sich unabhängig gemacht hat und den verschiedenen zu erwartenden Zeitstrecken mit gleicher Aufmerksamkeitsbewegung gegenübertritt.

In den folgenden Tabellen ist nun, da auf Grund der vorhergehenden Bemerkung auch das Verhältnis der Pause zu dem Normal-

reiz eine wichtige Rolle spielt, neben den zu den betreffenden Normalstrecken gehörigen Pausen zugleich noch das Verhältnis $P:N$ angegeben.

Zunächst erhalten da für die Normalzeiten 0,3″, 0,5″ und 0,68″ die Pause und $P:N$ folgende Werte:

N	*Bu*		*Ha*		*He*		*Ho*		*Kr*	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
0,3″	1,80″	6,3	1,42″	4,7	1,82″	6,1	1,02″	3,4	2,29″	7,6
0,5″	1,94″	3,9	1,45″	2,9	1,83″	3,7	1,03″	2,1	2,07″	4,1
0,68″	2,2″	3,2	1,46″	2,1	1,87″	2,8	1,05″	1,6	2,09″	3,1

In dieser Tabelle fällt sofort eins auf: Die wenn auch geringe Zunahme der absoluten Länge der Pause mit der Normalzeit bei jeder der Vp. außer einer Abweichung bei Kr, die aber durch seine Selbstwahrnehmungen erklärt ist. Es blieben dieselben Verhältnisse bestehen bei der Gruppe: 0,3″, 0,68″ und 0,8″ als Normalstrecken; nämlich es wird:

N	*Bu*		*Ha*		*He*		*Ho*		*Kr*	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
0,3″	1,8″	6,0	1,1″	3,7	1,5″	5,0	0,7″	2,3	2,1″	7,0
0,68″	1,9″	2,8	1,1″	1,6	1,9″	2,8	1,0″	1,5	1,8″	2,7
0,8″	2,0″	2,5	1,1″	1,4	2,1″	2,6	1,1″	1,4	1,9″	2,4

Die letzte Gruppe mit diesen kleineren Zeiten ist: 0,3″, 0,5″, 0,68″ und 0,8″; dabei ergab sich:

N	*Bu*		*Ha*		*He*		*Ho*		*Kr*	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
0,3″	1,9″	6,3	0,7″	2,3	1,9″	6,3	0,6″	2,0	2,3″	7,7
0,5″	1,7″	3,4	1,0″	2,0	1,9″	3,8	0,9″	1,8	1,8″	3,6
0,68″	2,1″	3,1	1,1″	1,6	2,0″	2,9	1,2″	1,8	2,0″	2,9
0,8″	2,2″	2,8	1,1″	1,4	2,0″	2,5	1,2″	1,5	2,2″	2,7

Auch aus den längeren Zeiten wurden nun einzelne Zeitstrecken herausgewählt und ebenso mit Rücksicht auf etwa zu vermeidende

Kontrastwirkungen wie die vorigen zu Gruppen zusammengefaßt und zur Vergleichung dargeboten. Es wurden zunächst bei den Zeiten 1,257″, 1,456″ und 1,642″ folgende Pausen und $P:N$-Werte erhalten:

	$N = 1{,}257''$		$N = 1{,}456''$		$N = 1{,}642''$	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
Bu	2,2″	1,8	2,3″	1,6	2,5″	1,5
Kr	2,1″	1,7	2,2″	1,5	2,4″	1,5

Ferner ergaben sich bei der Gruppe: 2,215″, 2,416″ und 2,610″:

	$N = 2{,}215''$		$N = 2{,}416''$		$N = 2{,}610''$	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
Bu	2,5″	1,1	2,6″	1,1	2,6″	1,1
Kr	2,2″	1,0	2,4″	1,0	2,4″	0,9

Schließlich seien noch die Ergebnisse der letzten Gruppe genannt:

	$N = 3{,}190''$		$N = 3{,}399''$		$N = 3{,}580''$	
	P	$P:N$	P	$P:N$	P	$P:N$
Bu	2,6″	0,8	2,8″	0,8	2,9″	0,8
Kr	2,2″	0,7	2,3″	0,7	2,5″	0,7

Wenn wir diese Zusammenstellungen nochmals im ganzen uns ansehen, so finden wir trotz der neuen Bedingungen bezüglich der Pause durchaus eine Übereinstimmung mit den Resultaten früherer Untersuchungen[1]), die sich so aussprechen läßt: Die absolute Länge der Pause zwischen Normal- und Vergleichsreiz nimmt mit den Zeitstrecken fortgesetzt zu; die Pause ist bei den kleinsten Zeiten relativ am längsten.

Die kurzen Zeiten bei Ha und Ho lassen sich ohne weiteres aus den Selbstbeobachtungen erklären: Sie waren bestrebt, die Pause möglichst kurz zu machen. Es scheint hier aus den gefundenen

[1]) Vgl. Vierordt, a. a. O. S. 54 ff.

Werten hervorzugehen, daß die Pause nicht kürzer als ungefähr 0,6″ genommen werden darf, da sonst Normal- und Vergleichszeit sich nicht deutlich von der Pause abheben und da andrerseits die Zeit für den günstigen Wechsel von Spannung und Lösung in der Pause zu kurz sein würde. Andrerseits scheint, nach der langsamen Zunahme zu urteilen, die Pause über einen bestimmten Betrag von etwa 3,0″ nicht hinauszukommen, da dann Normal- und Vergleichsreiz zeitlich zu weit entfernt voneinander liegen. Als besonderer Fall tritt uns noch der Verlauf der Zwischenzeit bei Kr entgegen. Wir bemerken da bei den kürzesten Zeiten eine recht lange Pause. Diese wird bei etwa 0,5″ bedeutend kleiner, um von da an, dem allgemeinen Gesetz folgend, mit den Zeiten wieder zu wachsen. Dieser sonderbare Verlauf wird aus den Selbstbeobachtungen verständlich, nach denen die kürzesten Zeiten bei Kr direkt beunruhigend und aufregend wirken. Wenn also das Normalintervall den kürzesten Zeiten angehört, so muß sich erst die auftretende Erregung wieder gelegt haben, ehe man den Vergleichsreiz perzipieren kann. Auffallend konstant ist die Pause bei He, die dieser ganz instinktiv, so wie sie ihm am besten erscheint, wählt. Unter diesen Umständen behält dann scheinbar die Pause einen Wert von etwa 1,8″ bis 2,0″, ein Wert, der sich auch aus anderen Untersuchungen als der günstigste für die Pause ergeben hat.

Aus der Länge des Normalreizes und der zugehörigen Pause zwischen dem Normalintervall und Vergleichsreiz läßt sich nun durch algebraische Summation dieser beiden die absolute Zeitdistanz zwischen den entsprechenden Anfängen der analogen Apperzeptionsbewegung, d. h. zwischen dem ersten Reiz der Normalstrecke und dem ersten des Vergleichsintervalls ableiten. Die Gesamtlänge einer solchen Zeiteinheit zwischen den einander entsprechenden Anfangspunkten der zu vergleichenden Zeitstrecken wächst allmählich mit der Normalzeit und bildet nun in dem eingeleiteten Rhythmus einen ganzen Takt.

Es ist nun von vornherein bei der Bildung eines Rhythmus ein Unterschied zu erwarten, da die Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge der Schläge der ersten Strecke dafür maßgebend ist, ob ein Rhythmus, der den Normalreiz als Untertakt nimmt, gebildet wird

oder überhaupt gebildet werden kann; denn diese Aufeinanderfolge ist bei den von uns untersuchten Zeiten recht verschieden. Jeder Normalreiz löst ja je nach seiner Größe einen ganz bestimmten Rhythmus zwischen Spannung und Lösung aus; erst wenn die Apperzeption in der Pause wieder bis zur selben Höhe angewachsen ist wie bei Beginn der Normalzeit, löst man den Vergleichsreiz aus. In diesem Verhalten ist schon ohne weiteres eine innere Beziehung zwischen Normalreiz, Pause und Vergleichszeit gegeben, da der Vergleichsrez nach dem gleichen Wechsel von Spannung und Lösung wie beim Normalintervall beurteilt wird.

Bei den kürzesten Zeitstrecken kommt zunächst eine Untereinteilung innerhalb des Intervalls mit ihrem Wechsel zwischen Spannung und Lösung kaum zur Geltung, da die Schläge des Normalreizes zu schnell aufeinanderfolgen. Es muß allerdings, da ja die beiden Strecken nach Belieben ausgelöst werden, ein Haupttakt als vorhanden angenommen werden, der durch die Akzente der Apperzeption gebildet wird. In diesem Falle kann die Pause die Normalstrecke zur Einheit ergänzen. Wird die Normalstrecke nun zu kurz, so tritt die bekannte Verschmelzungswirkung ein, die, verbunden mit der Assimilationswirkung des Akzents der Apperzeption bei Beginn der Strecke, diese noch kürzer erscheinen läßt als sie in Wirklichkeit ist; daher rührt ja auch die Unterschätzungstendenz bei diesen kleinsten Zeiten. Während nun ein vollständiger Mangel einer Unterrhythmisierung bei diesen kürzesten Zeiten von etwa 0,23″ bei He und Kr zu verzeichnen ist, kommt bei den anderen Vp. eine rhythmische Zusammenfassung vor, in der die Normalstrecke die Rolle eines Untertaktes übernimmt. Wie aus den Selbstbeobachtungen hervorgeht, faßt z. B. Bu im allgemeinen sechs Intervalle von der Größe des Normalreizes zu einem Haupttakt zusammen; auf die Pause entfallen demnach 5 Strecken dieser Größe. Dieser Rhythmus drängt sich bei den kürzesten Zeitstrecken direkt auf und bleibt für diese bevorzugt.

Mit der Zunahme der Normalzeit bis ungefähr 0,6″ wächst nun die Möglichkeit, den Normalreiz als Untertakt und ein Vielfaches seiner Größe zur Pause zu wählen, ja bei dieser Zeit selbst erweist sich eine derartige Rhythmusbildung als angenehm. Das äußert sich

nun auch in der Neigung aller Vp., das zuerst gehörte Normalintervall als Untertakt in dem Hauptrhythmus festzuhalten. Der bequeme Wechsel zwischen Spannung und Lösung macht sich auch in der Zusammenfassung der Strecken bemerkbar. So kommt bei Ho ein Rhythmus zustande, in dem im ganzen drei Normalstrecken zu einem Volltakte zusammengefaßt werden. Am meisten zum Rhythmisieren scheint Bu geneigt zu sein, da er verschiedene Arten des Rhythmus bei diesen Zeiten unterscheidet. Wenn bei den kürzesten Zeitstrecken der $^6/_8$ Takt bevorzugt blieb, so ging dieser jetzt in einen $^4/_4$ Takt über; es wird hierbei also die Pause dreimal so groß genommen wie das Normalintervall; der Hauptrhythmus besteht demnach aus vier Untertakten. Die Wahl des Rhythmus hängt im übrigen sehr von der Stimmung ab, in der man sich bei jedem Versuche befindet. Ebenso wie Bu rhythmisiert auch Kr; ihn zwingt diese Folge von Taktschlägen direkt zur Rhythmisierung.

Diese Verhältnisse ändern sich nun aber, wenn man zu noch längeren Zeitstrecken, von etwa 0,8″ übergeht. Mit dieser Zeit beginnt die Art von Zeitstrecken, wo der ganze Verlauf ein verhältnismäßig träger ist. Dadurch, daß das lange Normalintervall von der Pause und dem langen Vergleichsreiz gefolgt ist, wird das Urteil unsicher; die zweite Taktfolge scheint langsamer zu sein als die erste. Es prägt sich hierbei unbedingt der Einfluß der Erwartung aus. Das Verlangen, den Rhythmus beizubehalten, geht wieder zurück, da die Intervalle schon zu lang dazu werden. Es gelingt dann im allgemeinen nur noch ein einfacherer Rhythmus. Kr versucht zwar noch, jenen Rhythmus im $^4/_4$ Takt beizubehalten, aber es dauert zu lange; ein Gefühl der Unlust wird deutlich bemerkbar. Bei Bu geschieht die Zusammenfassung zu einem Haupttakt so, daß die Pause nur noch zweimal so groß wie der Normalreiz gewählt wird, d. h. der Haupttakt umfaßt nicht mehr als drei Untertakte von der Größe des Normalintervalls. Wenn He bei diesen Intervallen den Normalreiz nicht mehr als Untereinteilung festhält, so liegt dies wahrscheinlich daran, daß die einzelnen Strecken in sich selbst nochmals in Teilintervalle zerlegt werden, um sie genauer auffassen zu können. Man müßte dann fragen, ob nicht diese Untereinteilung des Normalreizes als allgemeine Unterteilung über die Pause fortgeführt wird. Jedenfalls fehlt eine so ein-

fache Beziehung zwischen Normalstrecke und Pause wie bei den übrigen Vp.

Bei den noch längeren Zeiten wird auch dann bei *Bu* der Rhythmus höchstens noch von der Art, daß die Normalstrecke zweimal in der Pause enthalten ist, und schließlich wird bei den längsten — falls überhaupt noch rhythmisiert wird — die Pause gleich dem Normalintervall. Im allgemeinen aber werden die Strecken viel zu lang, als daß ein einfacher Rhythmus noch gebildet werden könnte. Bemerkenswert ist hier noch eine rhythmische Gliederung der Normalstrecke bei Kr, wodurch die Vergleichung für ihn begünstigt wird.

Die Schätzungsfehler bei der Vergleichung der Zeitstrecken von 0,23″ bis 3,58″.

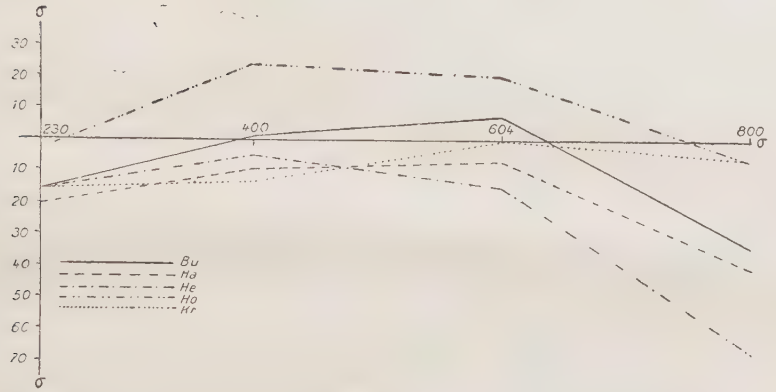
Wenn wir zur Vergleichung die Zeiten von 0,23″ bis 3,58″ darbieten wollten, so war zunächst wegen der zu großen Differenz der Zeitstrecken, bei der infolge der unwissentlichen Aufeinanderfolge der Normalreize leicht Kontrastwirkungen ausgelöst werden konnten, eine Teilung insofern geboten, als aus dem ganzen Bereiche unserer Zeiten einzelne nicht zu verschiedene Zeitstrecken herausgegriffen und zu einer Gruppe zusammengefaßt wurden, bei der dann der Schätzungsfehler untersucht wurde. Aus denselben Gründen, die im vorigen Abschnitt angegeben sind, kann auch hier das Resultat der zuerst untersuchten Gruppe keinen vollgültigen Wert beanspruchen, trotzdem sollen aber die Ergebnisse mitgeteilt werden. Es umfaßte die erste Gruppe die Zeiten 0,23″, 0,4″, 0,6″ und 0,8″; die diesen gleichlang geschätzten Zeiten berechneten sich nach den Wirthschen[1]) Formeln folgendermaßen:

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
230 σ	214	209	214	227	214
400 σ	402	391	395	423	387
604 σ	611	598	589	624	604
800 σ	765	759	732	794	795

Die Schätzungsfehler nehmen bei den verschiedenen Normalzeiten diese Werte an:

[1]) Wirth, Psychophysik, S. 89.

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
230 σ	— 16	— 21	— 16	— 3	— 16
400 σ	+ 2	— 9	— 5	+ 23	— 13
604 σ	+ 7	— 6	— 15	+ 20	+ 0
800 σ	— 35	— 41	— 68	— 6	— 5



Figur 3. Verlauf des Schätzungsfehlers bei den N: 230, 400, 604, 800 σ.

Dabei bedeutet das positive Zeichen, d. h. die Lage des Schätzungsfehlers oberhalb der Nullinie, daß der Äquivalenzwert der Vergleichung höher liegt als der entsprechende Normalreiz; die Äquivalenzwerte unterhalb der Nullachse sind also dann kleiner als die zugehörigen Normalreize. Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, findet bei Zeiten von und unter 0,23″ durchweg eine Unterschätzung statt. Diese nimmt mit der Zunahme der Zeit regelmäßig ab, wird schließlich Null oder ein Minimum bei etwa 0,4″ und 0,7″ — mit einem Zwischengebiet der Überschätzung —, um dann wieder weiter zu wachsen.

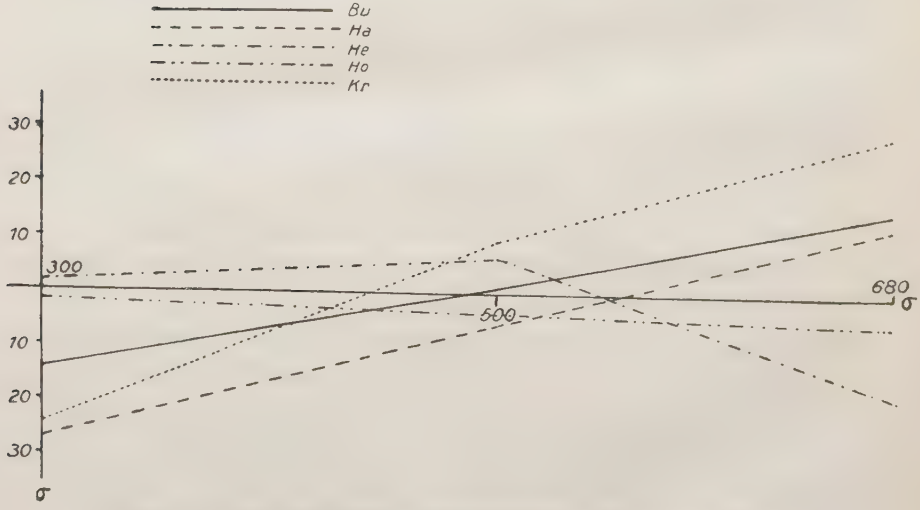
Der Verlauf des Schätzungsfehlers ist bei allen Vp. derselbe, nur daß die Lage des Indifferenzpunktes oder Minimums der Schätzungsdifferenz bei den verschiedenen Beobachtern noch etwas variiert. Trotz des geringen Wertes, den wir diesen ersten Beobachtungen, wie schon erwähnt, beilegen dürfen, tritt doch schon eins deutlich hervor: Im Gegensatz zu den Resultaten früherer Experimentatoren ist hier eine Unterschätzung der kürzesten Zeiten festzustellen. Daß bei 0,8″ eine Unterschätzung eintrat, war nichts Neues. Aus diesen Ver-

hältnissen heraus aber war nun weiter zu untersuchen, ob und in welchen Punkten die Kurve des Schätzungsfehlers die Nullinie durchschnitt, so daß sie aus dem negativen Feld des konstanten Fehlers ins positive und dann wieder umkehrend ins negative zurück verlief. Zur Beantwortung dieser Frage wurde als nächste Gruppe von Normalzeiten diese eingeschaltet: 0,3″, 0,5″ und 0,68″. Die zugehörigen Äquivalenzwerte sind dann:

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
300 σ	283	273	302	299	275
500 σ	501	494	506	497	509
680 σ	695	692	662	675	709

und die Tabelle für die konstanten Fehler ist:

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
300 σ	— 17	— 27	+ 2	— 1	— 25
500 σ	+ 1	— 6	+ 6	— 3	+ 9
680 σ	+ 15	+ 12	— 18	— 5	+ 29



Figur 4. Verlauf des Schätzungsfehlers bei den N: 300, 500, 680 σ.

Wenn wir diesen Verlauf des Schätzungsfehlers näher verfolgen, so ergibt sich im wesentlichen wiederum eine Unterschätzungstendenz kleinster Zeiten, und zwar noch eine Unterschätzung der Zeit 0,3″; bei nahezu 0,5″ hört diese auf und wird zu Null, d. h. man erhält an dieser Stelle den ersten Indifferenzpunkt, von da ab findet dann im allgemeinen eine Überschätzung statt. Wenn man also früher Zeiten erst von etwa 0,7″ an betreffs des Schätzungsfehlers untersuchte, so konnte man zunächst auch von einer Überschätzung kleiner Zeiten (eben solcher unterhalb 0,7″) sprechen. Wir würden dagegen aus den bisherigen Ergebnissen auf einen zweiten Indifferenzpunkt, der unterhalb 0,7″, bei 0,5″, seine Lage hat, schließen müssen.

Um diese Angaben weiter zu bestätigen, wurde noch eine Gruppe von Normalzeiten aus den Zeiten von 0,23″ bis 0,8″ herausgegriffen, und zwar: 0,3″, 0,68″ und 0,8″, die wieder von allen Versuchspersonen verglichen und beurteilt wurden. Der Gang der berechneten Äquivalenzwerte war bei den entsprechenden Normalzeiten der folgende:

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
300 σ	283	275	306	291	276
680 σ	695	664	676	690	708
800 σ	752	772	725	770	772

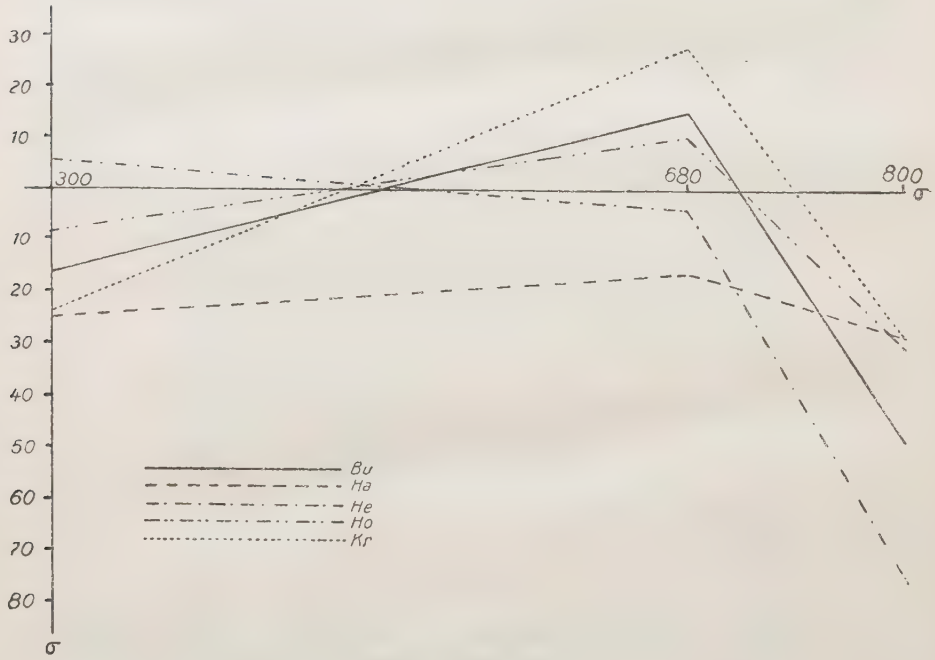
Daraus folgt die Tabelle für die zugehörigen konstanten Fehler:

N	*Bu*	*Ha*	*He*	*Ho*	*Kr*
300 σ	− 17	− 25	+ 6	− 9	− 24
680 σ	+ 15	− 16	− 4	+ 10	+ 28
800 σ	− 48	− 28	− 75	− 30	− 28

Der Verlauf der Kurve für den Schätzungsfehler stimmt mit der zuerst genannten in dem hier untersuchten Hauptmomente völlig überein, und zwar ergibt sich hier ganz allgemein ein deutliches Ansteigen der Kurve von 0,3″ an bis 0,5″ (ein Punkt, bei dem der erste Indifferenzpunkt sehr genau erhalten wird); hier beginnt eine merkliche Überschätzung, die kurz vor 0,7″ bis zu einem Maximum ansteigt, um steil fallend bei 0,72″ in beträchtliche Unterschätzung überzugehen. Somit scheint die Existenz dieser beiden Indifferenzpunkte

bei 0,5″ und 0,72 erwiesen zu sein. Wenn wir hiermit die früher gefundenen vergleichen, so dürfte der erste etwa mit dem von Meumann, der zweite mit dem von den früheren Experimentatoren Kollert, Estel, Mehner u. a. erhaltenen übereinstimmen. Nach unseren Ergebnissen haben demnach beide recht.

Von diesem allgemeinen Verlauf des Schätzungsfehlers wich das Verhalten von Ha insofern ab, als bei ihm der konstante Fehler im wesentlichen immer auf das Gebiet unterhalb der Nullinie beschränkt bleibt. Es herrscht also deutlich eine allge-



Figur 5. Verlauf des Schätzungsfehlers bei den N: 300, 680, 800 σ.

meine Unterschätzung. Den Grund hierfür haben wir in der oben besprochenen Variation des Normalreizes zu suchen. Daß dann ein Minimum des Schätzungsfehlers annähernd bei jenen Werten 0,5″ und 0,72″ auftritt und daß der Gang des Fehlers dem der anderen Beobachter gleicht, wird hierdurch nicht geändert.

Auch aus den längeren Zeiten wurden nun ähnliche Gruppen gebildet, zunächst diese: 1,257″, 1,456″ und 1,642″. Dabei ergaben sich folgende Äquivalenzwerte:

N	*Bu*	*Kr*
1,257″	1,213″	1,246
1,456″	1,410	1,437
1,642″	1,521	1,597

Darnach nimmt der Schätzungsfehler folgende Werte an:

N	*Bu*	*Kr*
1,257″	— 44 σ	— 11
1,456″	— 46	— 19
1,642″	— 121	— 45

Wenn wir also von dem Indifferenzpunkt 0,72″ ausgehen, so sinkt die Kurve für den Schätzungsfehler immer weiter unter die Nullinie, d. h. der Fehler wächst mit den Zeiten. Das erste steile Fallen bei Bu nach 0,72″ geht in ein allmähliches Hinabsteigen über, bis bei 1,456″ wieder ein rapides Sinken einsetzt. Während dies vor allem bei Bu deutlich zu sehen ist, nimmt bei Kr der Gang des Fehlers sanftere Formen an; trotzdem walten bei beiden Vp. gleiche Verhältnisse ob. Um diesen Verlauf noch weiter zu studieren, bedurfte es der Untersuchung nach größerer Zeiten, und so wurden die Zeiten 2,215″, 2,416″ und 2,610″ zu einer Gruppe vereinigt. Zu diesen Normalreizen wurden folgende Äquivalenzwerte berechnet:

N	*Bu*	*Kr*
2,215″	2,166″	2,177
2,416″	2,290	2,379
2,610″	2,505	2,546

Also wird der konstante Fehler bei:

N	*Bu*	*Kr*
2,215″	— 49 σ	— 39
2,416″	— 126	— 37
2,610″	— 105	— 64

Hieraus sehen wir nun, daß bei 1,64″ ein Maximum des Schätzungsfehlers lag; es steigt die Kurve von da an bis zu einem Fehlerminimum bei etwa 2,21″ bzw. 2,4″, um dann wieder steiler zu fallen. Wie wir feststellen können, nimmt der Fehler bei der Schätzung nicht gradlinig, linear mit den Zeitstrecken zu, sondern er schwankt beträchtlich auf und ab. Zu einem Fehlerminimum vom Werte Null kommt es nicht wieder; vielmehr bleibt die Kurve immer unterhalb der Nullinie. Um nun noch weitere Werte zu erhalten, wurde eine letzte Gruppe untersucht; sie umfaßte die Zeiten 3,190″, 3,399″ und 3,58″ und lieferte folgende Schätzungswerte:

N	*Bu*	*Kr*
3,190″	3,150″	3,152
3,399″	3,323	3,347
3,580″	3,452	3,465

Zu ihr gehört die Tabelle für den konstanten Fehler:

N	*Bu*	*Kr*
3,190″	— 40 σ	— 38
3,399″	— 76	— 52
3,580″	— 128	— 115

Damit ist weiter gezeigt, daß der konstante Fehler auch weiterhin ein Auf- und Abwogen bei den längeren Zeitstrecken beibehält. Schätzungsfehlerminima und -maxima wechseln miteinander ziemlich regelmäßig ab, so daß wir zunächst ganz allgemein von einem periodischen Gang des Schätzungsfehlers reden können. Ob dieser eigentümliche Gang auch noch bei Zeiten über 3,6″ anhält, können wir aus unseren Versuchen nicht ersehen; vermuten läßt sich allerdings, daß die periodischen Schwankungen zunächst bei größeren Zeiten ebenso auftreten werden.

Zusammenfassend können wir auf Grund unserer Versuchsergebnisse über den Gang des Schätzungsfehlers bei der Vergleichung von Zeitstrecken daher folgendes feststellen:

Zeiten unter 0,5″ werden unterschätzt.

Eine Überschätzung erfahren Zeiten von 0,5″ bis 0,72″.

Zeiten über 0,72″ unterliegen wieder einer Unterschätzung, die bedeutend erheblicher ist als jene bei Zeiten unterhalb 0,5″. Außerdem aber nimmt die Unterschätzung nicht in gerader Linie zu, sondern der Schätzungsfehler wogt bei den Zeiten mittelbarer Zeitauffassung beständig mit einer gewissen Regelmäßigkeit auf und ab.

Schließlich wird auch noch die Angabe eines Präzisionsmaßes erwünscht sein, das über die Streuung der Urteile in unseren »Vollreihen« orientiert. Um von den Zufälligkeiten bei der Abgabe der Gleichheitsurteile unabhängig zu werden, wählen wir hierzu das von Wirth [1]) empfohlene Gesamtstreuungsmaß, das mit dem auf das arithmetische Mittel der Schwelle bezogenen »mittleren Fehler« M (𝔄) nach der bekannten Fechnerschen Verteilung der Gleichheitsfälle identisch ist. Wir beschränken uns in der folgenden Tabelle auf die Angabe dieser Streuungsmaße [2]) für die beiden Vp. Bu und Kr, mit denen alle Zeiten untersucht wurden. Sie sind in Fig. 6 graphisch dargestellt.

M (𝔄)

	300 σ	680	800	1257	1456	1642
Bu	29,36	40,47	55,90	65,39	86,59	77,23
Kr	11,85	23,31	38,66	67,86	50,79	40,58

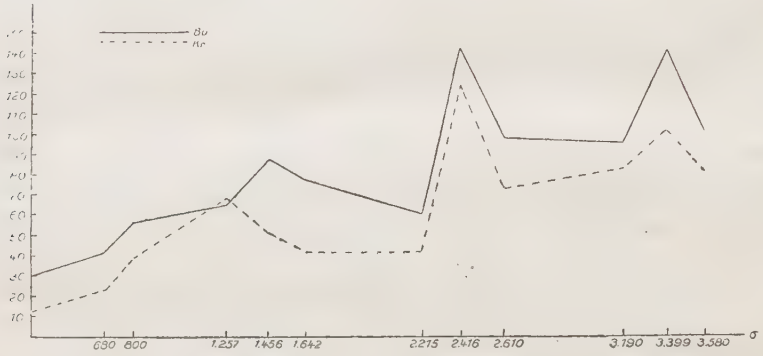
	2215 σ	2416	2610	3190	3399	3580
Bu	59,67	141,23	97,36	95,36	141,61	99,49
Kr	41,36	123,19	72,14	82,29	100,80	80,85

Wir sehen zunächst, daß die Streuung sich etwa zwischen $^1/_{10}$ bis $^1/_{40}$ des Normalreizes hält. Dabei steigt aber die Kurve für die Streuung nicht fortgesetzt, sondern sie scheint bei größeren Zeiten einen konstanten Wert anzunehmen. Das würde aber gut damit übereinstimmen, daß die Zeitvergleichung bei längeren Strecken, wie es oben als Voraussetzung der Periodizität der Schätzungsdifferenz an-

[1]) W. Wirth, Ein einheitliches Präzisionsmaß der Urteilsleistung bei der Methode der drei Hauptfälle und seine Beziehung zum mittleren Schätzungswert. Arch. f. d. ges. Psych. Bd. 24, 1912, 141.

[2]) Da unsere Reizstufen nicht ganz äquistant waren, so wurden zur Anwendung der obigen Formel für M (𝔄) solche interpoliert. Vergl. Wirth, Psychophysik. S. 72.

genommen wurde, durch eine Untereinteilung dem Prozesse bei Vergleichung der Untereinheit bei dieser Einteilung selbst angenähert wird. Im Mittel ist dabei die Streuung bei Bu größer als bei Kr. Wenn wir die konstanten Fehler hierzu betrachten (vgl. Fig. 7), so finden wir die bekannte Tatsache bestätigt, daß einem kleineren konstanten Fehler eine kleinere mittlere Streuung entspricht. Vergleichen wir aber nun den Verlauf der Kurven bei Bu und Kr, so muß der annähernde Parallelismus beider sofort auffallen, der auch die Einzelheiten der Kurve nicht als reine individuelle Zufälligkeiten



Figur 6. Kurve der Streuungsmaße.

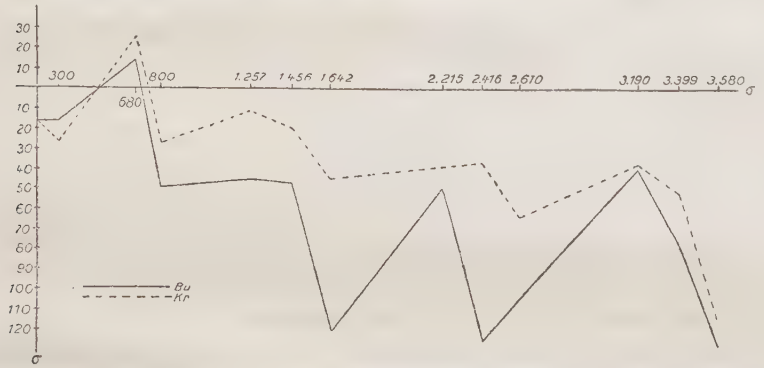
abtun läßt. Es ist dabei jedenfalls recht interessant, daß auch hier, genau wie im Verlauf des konstanten Schätzungsfehlers, drei relative Maxima deutlich hervortreten, deren Abstand der Periode der Fehlerkurve von etwa 0,8″ nahekommt. Freilich ist die Abhängigkeit der Gesamtstreuung von den verschiedenen, die Schätzung beeinflussenden Faktoren noch zu wenig bekannt, als daß man auch die einzelnen Phasen dieser Oszillation zu dem Apperzeptionsrhythmus theoretisch in ein bestimmtes Verhältnis setzen könnte.

Theoretische Deutung des Ganges des Schätzungsfehlers.

Wie wir aus unseren Versuchsergebnissen feststellen können, bleibt also der Gang des Schätzungsfehlers bei der Vergleichung von Zeitstrecken, abgesehen von der Unterschätzung kleinster Zeiten, im großen und ganzen in direkter Übereinstimmung mit dem, wie er von den früheren Experimentatoren aufgefunden wurde: Der

Schätzungsfehler zeigt in seinem Verlaufe regelmäßig wiederkehrende Schwankungen. Die speziellen Zeitverhältnisse dieser Schwankungen dürften aber nun weiterhin auch in der Tat eine theoretische Ableitung aus den Aufmerksamkeitsschwankungen nach dem oben entwickelten Schema sehr wohl möglich machen und lassen dadurch die Auffassung, die Wundt von Anfang an diesen Erscheinungen gegenüber vertreten hatte, als durchaus berechtigt erscheinen.

Da wir nun die kürzeren Zeiten mit allen fünf Versuchspersonen, die längeren hingegen nur mit zweien von ihnen untersucht haben, so wollen wir auch im folgenden die Ableitung des Resultats nur an der Hand der Kurven für die Schätzungsfehler zu geben versuchen, die für diese beiden Beobachter aufgestellt werden konnten.



Figur 7. Gesamtverlauf des Schätzungsfehlers bei der Vergleichung der Zeitstrecken von 0,23″ bis 3,580″.

Durch die speziellen Versuchsbedingungen, wie sie die unregelmäßige Aufeinanderfolge der Normalreize, ferner die Selbstauslösung sowohl der Normal- als auch der Vergleichsstrecke und die ganz beliebige Wahl der Pause zwischen den beiden Reizstrecken durch die Vp. darstellten, war von vornherein eine möglichst gleichartige Entwicklung der analogen Aufmerksamkeitsbewegung begünstigt. Der erste Schlag des Normalreizes wird bei der gleichen Phase der Apperzeptionstätigkeit hingenommen wie der erste Taktschlag der Vergleichsstrecke, und jeder dieser Momente leitet damit eine periodische Bewegung der Apperzeptionstätigkeit ein. Wenn der Schlußreiz der Normalstrecke in einen Akzent dieser Aufmerksamkeitsbe-

wegung gerade hineinfällt, wird also das Gleichheitsurteil bei einer auch objektiv gleichen Strecke eintreten, also, abgesehen von anderen Täuschungsmotiven, kein Fehler vorliegen. Erfolgt er dagegen vor oder nach einem solchen Akzent, so wird er durch die Assimilationswirkung seitens des Akzentes nach diesem hin abgelenkt erscheinen, so daß das Gleichheitsurteil bei einer entsprechend größeren oder kleineren Strecke ausgelöst wird, also Überschätzung oder Unterschätzung vorliegt. Diese Assimilationswirkung wird sich nun annähernd gleichmäßig von dem Akzent aus nach oben und unten hin ausbreiten.

Die Aufmerksamkeitsakzente lassen sich also aus unserer Kurve des Schätzungsfehlers in der Weise rekonstruieren, daß wir die Punkte aufsuchen, in denen eine vorhergehende Überschätzungstendenz in eine Unterschätzungstendenz übergeht. Der erste Akzent liegt dann in unserem Falle bei etwa 0,72″. An dieser Stelle ist er außerdem zugleich ein Indifferenzpunkt, weil hier noch keine wesentliche allgemeine Unterschätzungstendenz vorliegt. Die späteren Akzente liegen dagegen bei Zeitpunkten, in denen die Kurve des Schätzungsfehlers im ganzen unterhalb der Nullinie verläuft. Trotzdem können sie aus dem Übergang von der Überschätzungstendenz in die der Unterschätzung aufgefunden werden, fallen also zwischen ein relatives Minimum und Maximum des Fehlers. Das ergibt aber aus unsrer Kurve Apperzeptionsakzente, die etwa bei 1,5″, 2,35″ bzw. 2,5″ und 3,4″ liegen würden, nicht bei Vielfachen der Zeit bis zum ersten Akzent, d. h. der Indifferenzzeit; vielmehr liegt der zweite Akzent schon ein wenig später als beim Doppelten der Indifferenzzeit, der nächste folgt deutlich später als bei ihrem Dreifachen, der vierte noch erheblicher hinter der vierfachen Indifferenzzeit. Die Aufeinanderfolge der Akzente wird also immer langsamer, je weiter man sich vom ersten Akzent fortbewegt. Wie wir aus obiger Bemerkung direkt sehen, muß also ein Akzent zwischen einem Maximum der Überschätzung und einem solchen der Unterschätzung liegen, die nach unserer früheren Überlegung um etwa ein Viertel des Apperzeptionstaktes von den Akzenten entfernt sein müssen, d. h. es liegen die Maxima der Überschätzung ein Viertel des Taktes vor, die Maxima der Unterschätzung ein Viertel nach einem Akzent. Wenn nun, wie es ja tatsächlich der

Fall ist, eine allgemeine Unterschätzungstendenz einsetzt, so fallen die Akzente auf die »Unterschätzungslinie« (*AB'* in Fig. 1) — die keine Gerade zu sein braucht —, und es werden nun die Maxima der Überschätzung, bezogen auf diese Linie, zu relativen Minima des Schätzungsfehlers in bezug auf die ursprüngliche Nullinie, während die Maxima der Unterschätzung überhaupt Maxima des Fehlers darstellen. Hieraus würde nun sofort folgen, daß bei Berücksichtigung unserer Akzentlagen Minima des Schätzungsfehlers etwa bei 1,3″, 2,14″ bzw. 2,25″ und 3,14″ bzw. 3,18″ liegen müssen. Nehmen wir nun unsere bei den Versuchen erhaltenen Kurven, und vergleichen die Lagen der Minima mit diesen Werten, so können wir im wesentlichen eine Übereinstimmung feststellen. Nur ist hierbei noch hervorzuheben, daß die Maxima und Minima nicht direkt um ein Viertel des Apperzeptionstaktes von einem Akzent entfernt sind, sondern in der Regel diesem näher liegen, so daß die Kurve des Schätzungsfehlers von einem Minimum zum folgenden Maximum steiler verläuft als beim Übergang von einem Maximum zum nächsten Minimum. Jedenfalls liegen also die relativen Minima der Schätzung nicht bei einfachen Vielfachen der Indifferenzzeit 0,72″.

Ferner aber müssen nun auch noch Indifferenzpunkte da vorhanden sein, wo die Unterschätzung in Überschätzung übergeht, d. h. wo die Assimilationswirkung des einen Akzents aufgehoben wird durch die entgegengesetzte des benachbarten. Da nun auch der Beginn einer jeden Zeitstrecke einen Apperzeptionsakzent aufweist — wir wollen ihn den o-ten Akzent nennen —, dementsprechend also assimilierend wirkt, so werden die kleinsten Strecken, bei denen der Schlußreiz noch in den Assimilationsbereich dieses Anfangsakzentes hineinfällt, wieder eine Unterschätzung erfahren. Andrerseits stellten wir noch vor 0,72″ eine Überschätzung fest; daraus folgt aber sofort, daß auch noch vor 0,72″ ein Indifferenzpunkt liegen muß. In der Tat finden wir nun auch bei unseren Versuchen einen solchen kurz vor 0,5″.

Die späteren entsprechenden Punkte, die dann in das Gebiet der dauernden Unterschätzung fallen, haben für uns kaum eine Bedeutung, da es hier vor allem auf die Minima des Schätzungsfehlers ankommt.

Es erübrigt sich noch ein kurzes Wort über den Einfluß der Gruppenauswahl auf den Verlauf des Schätzungsfehlers, besonders

bei den kleineren Zeiten. Da die zu vergleichenden Zeitstrecken eine Differenz von über drei Sekunden aufweisen, eine Differenz, die wegen der stark beeinflussenden Kontrastwirkung gegen eine gleichzeitige Berücksichtigung aller Strecken sprach, so wurden aus dem ganzen Bereiche nur bestimmte Gruppen untersucht. Hierbei ist nun in gewissem Sinne eine Gruppenwirkung als vorhanden anzunehmen; denn wenn wir z. B. drei Zeiten zu einer solchen Gruppe vereinigen, so wird im allgemeinen die mittlere eine genauere Schätzung erfahren, während die kleinsten bzw. größten Zeiten in ihr kürzer bzw. länger erscheinen als sie wirklich sind, d. h. es wird bei der kleinsten Unterschätzung, bei der längsten Überschätzung vorwalten[1]). Bei einer jeden derartigen Gruppe wird also die Kurve des Fehlers die Tendenz haben, von einem Punkte der richtigsten Schätzung aus fortgesetzt immer größere Werte der Überschätzung und Unterschätzung anzunehmen. Enthalten nun die Zeiten den Indifferenzpunkt, so wirkt dieser anziehend, da ja die Kurve diesen Punkt der richtigen Schätzung passieren muß, und man erhält damit ein steiles Fallen der Kurve von der Überschätzung zur Unterschätzung, aber ein allmähliches Steigen von der Unterschätzung zur Überschätzung. Bei größeren Zeiten tritt diese Wirkung merklich zurück.

Zusammenfassung.

Wir fassen zum Schluß die wichtigsten Resultate noch einmal kurz zusammen:

Wenn wir Zeitstrecken miteinander vergleichen lassen, unter Voraussetzung einer unregelmäßigen Aufeinanderfolge der Normalreize, die ebenso wie die Vergleichsreize von der Versuchsperson selbst ausgelöst werden, und einer in das Belieben des Beobachters gestellten Pause, so stellen sich bei den verschieden langen Zeiten besondere Eigentümlichkeiten des Schätzungsfehlers heraus, die sich ganz allgemein in diesen drei Sätzen ausdrücken:

Zeiten unter 0,5″ werden im allgemeinen unterschätzt.

Eine Überschätzung erfahren Zeiten zwischen 0,5″ und 0,72″.

[1]) Hieraus wird es erklärlich, wenn manche Vp. bei der Vergleichung einer Gruppe wie 0,3″, 0,5″, 0,68″ die letzte Zeitstrecke als sehr lang bezeichneten.

Beträchtliche, dauernde Unterschätzung findet bei den Zeiten über 0,72″ statt.

Aber der Schätzungsfehler zeigt nun nicht einen so einfachen Verlauf, wie es zunächst aus diesen Sätzen hervorzugehen scheint, vielmehr nimmt er ganz regelmäßig in periodischen Schwankungen zu und ab. Diese stehen mit ebenfalls periodisch verlaufenden Aufmerksamkeitsschwankungen in direkter Beziehung. Wenn sie auch aus dem durch die Selbstauslösung und den unwissentlichen Wechsel des Normalreizes bedingten in besonderer Regelmäßigkeit gleichartig einsetzenden Apperzeptionsrhythmus hergeleitet wurden, so werden sie auch außerdem stets vorhanden sein, da eine analoge Aufmerksamkeitsbewegung auch bei jeder zur Vergleichung gegebenen Strecke stattfindet. Wir verstehen also, warum sie auch unter anderen Bedingungen von den früheren Psychologen Estel, Mehner u. a. bis Glass in ähnlicher Weise gefunden wurden. Die aus den entgegengesetzten Assimilationswirkungen des o-ten und ersten Apperzeptionsakzents resultierende Kompensation führt zu einem Indifferenzpunkt bei 0,5″, während der erste Akzent direkt mit der Indifferenzzeit bei 0,72″ zusammenfällt. Die von hier ab einsetzende wachsende Unterschätzungskomponente bei der Vergleichung, zusammen mit den Assimilationswirkungen der Akzente eines sich verzögernden Apperzeptionsrhythmus wirkt auf periodisch wiederkehrende Minima des Schätzungsfehlers hin, die bei etwa 1,25″, 2,25″ und 3,2″ liegen.

Die beliebig gewählte Pause zwischen Normalreiz und Vergleichsintervall nimmt an absoluter Länge mit den Zeiten zu und durchläuft dabei etwa die Werte von 0,6″ bis 3,0″; dagegen vermindert sich die relative Länge der Pause mit der Zunahme der Zeiten.

Zum Schlusse erwächst mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Wirkl. Geh. Rat Prof. Dr. Wundt meinen wärmsten Dank für die Übertragung dieser Arbeit auszusprechen. Insbesondere möchte ich Herrn Prof. Dr. Wirth danken für das stetige Interesse an dieser Arbeit und für die zahlreichen Ratschläge bei der Durchführung des experimentellen und theoretischen Teils. Aber auch den anderen Herren, die als Beobachter an dieser Arbeit teilgenommen haben, den Herren stud. phil. Buchholz, Hammer, Herfurth, Hoh und Dr. Kraskowski fühle ich mich für ihre Opfer an Zeit und Mühe zu großem Danke verpflichtet.

Lebenslauf.

Verfasser vorliegender Arbeit, Max Otto Kahnt, ev.-luth. Glaubensbekenntnisses, wurde am 19. Juli 1891 als Sohn des verstorbenen Gastwirts Adolf Kahnt in Berndorf (Bez. Borna i. S.) geboren. Von Ostern 1898 bis Ostern 1903 besuchte er die Stadtschule und Mittelschule zu Lucka (S.-A.). Die weitere Schulbildung genoß er von Ostern 1903 bis Ostern 1907 auf dem Herzog Ernst-Realgymnasium zu Altenburg, das er mit dem Zeugnis der Reife für Obersekunda verließ. Er trat dann auf das Realgymnasium zu Leipzig über und bestand dort Ostern 1910 die Reifeprüfung. Nun bezog er die Universität Leipzig und widmete sich dem Studium der Mathematik, Physik und Geographie. Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Übungen und Praktika der Herren Professoren:

Barth, Credner, Des Coudres, Hantzsch, Herglotz, Hölder, Jungmann, Koebe, Lehmann, Liebmann, Partsch, Rinne, Rohn, Wagner, Wiener, Wirth, Wundt.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.